

Progression des apprentissages au secondaire Science et technologie 2 cycle, 4e secondaire (ST 4e)

Note : Le présent tableur ne contient pas les textes d'introduction des univers, mais seulement les tableaux de savoirs essentiels de la progression.

Les tableaux suivants contiennent les notions étoilées de ST 4e secondaire 4 où * : L'élève le fait par lui-même à la fin de l'année scolaire.

Pour voir toutes les notions et les détails, voir la PDA officielle.

Ceci n'est pas la PDA officielle! C'est une version lisible par des IA qui n'est pas habile à voir des images, couleurs de fond de cellule, lire des tableaux.

<https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secontaire/progressions-apprentissages/PFEQ-progression-apprentissages-science-technologie-secontaire.pdf>

Les tableaux suivants contiennent les notions de ST secondaire 4 où L'élève le fait par lui-même à la fin de l'année scolaire.

UNIVERS MATÉRIEL

A. Propriétés

3. Propriétés des solutions

d. Concentration

iv. Déterminer la concentration d'une solution aqueuse (g/L, pourcentage, ppm)

e. Électrolytes

i. Définir le concept d'électrolyte

g. Échelle pH³

i. Décrire l'échelle pH (acidité, alcalinité, neutralité, valeurs croissantes et décroissantes)

ii. Déterminer le pH de quelques substances usuelles (ex. : eau distillée, eau de pluie, salive, jus de citron, produit nettoyant)

h. Dissociation électrolytique

i. Décrire le processus de la dissociation électrolytique

i. Ions

i. Définir le concept d'ion

j. Conductibilité électrique

i. Décrire le mécanisme permettant la conductibilité électrique dans une solution aqueuse (dissolution électrolytique d'un soluté, formation d'ions mobiles)

B. Transformations

3. Transformations chimiques
e. Combustion
i. Décrire les manifestations perceptibles d'une combustion vive (ex. : dégagement de chaleur, production de lumière)
ii. Expliquer une réaction de combustion à l'aide du triangle de feu
g. Réaction de neutralisation acidobasique
i. Donner des exemples de réaction de neutralisation acidobasique (ex. : l'ajout de chaux pour neutraliser l'acidité d'un lac)
ii. Nommer les produits formés lors d'une neutralisation acidobasique (sel et eau)
iii. Reconnaître une neutralisation acidobasique à l'aide de son équation
j. Loi de la conservation de la masse
i. Expliquer la loi de la conservation de la masse lors d'une réaction chimique
ii. Représenter la conservation de la masse à l'aide du modèle particulaire
k. Balancement d'équations chimiques
i. Balancer des équations chimiques
5. Transformations de l'énergie ⁸
b. Loi de la conservation de l'énergie
i. Expliquer qualitativement la loi de la conservation de l'énergie
ii. Appliquer la loi de la conservation de l'énergie dans divers contextes
c. Rendement énergétique
i. Définir le rendement énergétique d'un appareil ou d'un système comme étant la proportion de l'énergie consommée qui est transformée en travail efficace (quantité d'énergie utile/quantité d'énergie consommée x 100)
ii. Expliquer comment améliorer le rendement énergétique d'un appareil électrique
d. Distinction entre la chaleur et la température ⁹
i. Décrire la chaleur comme étant une manifestation de l'énergie
ii. Décrire le lien entre la chaleur et la température
C. Organisation
1. Structure de la matière
g. Groupes (familles) et périodes
i. Situer les groupes (familles) et les périodes dans le tableau périodique
ii. Décrire des caractéristiques communes aux éléments d'un même groupe (ex. : nombre d'électrons de valence, réactivité chimique)
iii. Associer le nombre de couches électroniques d'un élément au numéro de la période à laquelle il appartient
h. Modèle atomique de Rutherford-Bohr
i. Décrire le modèle atomique de Rutherford-Bohr
ii. Représenter des atomes à l'aide du modèle de Rutherford-Bohr
k. Notation de Lewis

i. Déterminer le nombre d'électrons de valence d'un élément
ii. Représenter des atomes à l'aide de la notation de Lewis
F. Électricité et électromagnétisme
1. Électricité
a. Charge électrique
i. Associer les particules élémentaires à leur charge électrique
ii. Décrire le comportement de charges électriques de signe contraire ou de même signe à proximité l'une de l'autre
b. Électricité statique
i. Décrire l'électricité statique comme un processus de transfert d'électrons d'un corps à un autre
c. Loi d'Ohm
i. Décrire qualitativement la relation entre la tension, la valeur de la résistance et l'intensité du courant dans un circuit électrique
ii. Appliquer la relation mathématique entre la tension, la résistance et l'intensité du courant dans un circuit électrique ($U = RI$)
d. Circuits électriques
i. Décrire la fonction de divers éléments d'un circuit électrique (ex. : les fils transmettent le mouvement des électrons tout au long du circuit; les résistors transforment l'énergie électrique en une autre forme d'énergie) ¹³
ii. Décrire les deux types de branchements dans des circuits électriques (série, parallèle)
iii. Distinguer le courant alternatif du courant continu
iv. Représenter un circuit électrique simple à l'aide d'un schéma
e. Relation entre puissance et énergie électrique
i. Appliquer la relation mathématique entre la puissance, la tension et l'intensité du courant dans un circuit électrique ($P = UI$)
ii. Décrire qualitativement la relation entre la puissance d'un appareil électrique, l'énergie électrique consommée et le temps d'utilisation
iii. Appliquer la relation mathématique entre l'énergie électrique consommée, la puissance d'un appareil électrique et le temps d'utilisation ($E = P\Delta t$)
2. Électromagnétisme
a. Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique
i. Décrire le champ magnétique produit autour d'un fil parcouru par un courant électrique (règle de la main droite)
ii. Nommer des moyens qui permettent de modifier l'intensité du champ magnétique produit autour d'un fil parcouru par un courant électrique (nature du fil, intensité du courant)
b. Forces d'attraction et de répulsion
i. Comparer le comportement d'une boussole dans le champ magnétique d'un aimant et dans celui créé par un fil parcouru par un courant électrique
A. Diversité de la vie
1. Écologie
e. Étude des populations
i. Décrire une population donnée (densité, distribution, cycles biologiques)
ii. Décrire l'influence de facteurs biotiques ou abiotiques sur les cycles biologiques d'une population (natalité, mortalité, immigration, émigration)

iii. Expliquer comment l'accessibilité aux ressources du milieu influence la reproduction et la survie des espèces
iv. Définir une communauté comme étant un ensemble de populations qui interagissent entre elles
v. Définir un écosystème comme étant l'ensemble des interactions des individus d'une communauté avec les facteurs abiotiques du milieu
f. Dynamique des communautés
i. Biodiversité
Définir la biodiversité d'une communauté comme étant l'abondance relative des espèces qui la composent
Expliquer des facteurs qui influencent la biodiversité d'une communauté donnée
ii. Perturbation
Définir une perturbation dans une communauté
Expliquer les effets de certains facteurs perturbants sur l'équilibre écologique (ex. : actions des humains et catastrophes naturelles)
g. Dynamique des écosystèmes
i. Relations trophiques
Décrire les niveaux trophiques (producteurs, consommateurs, décomposeurs)
Expliquer les interrelations entre les niveaux trophiques d'un réseau alimentaire
ii. Productivité primaire
Définir la productivité primaire comme étant la quantité de matière organique fabriquée par les végétaux d'un territoire donné
Expliquer les effets de certains facteurs qui influencent la productivité primaire (ex. : les abeilles favorisent la pollinisation des arbres fruitiers; des micro-organismes pathogènes nuisent à la croissance des plantes)
iii. Flux de matière et d'énergie
Décrire la circulation de la matière et le flux d'énergie dans un écosystème
iv. Recyclage chimique
Décrire des processus à la base du recyclage chimique (ex. : action des micro-organismes et des décomposeurs, érosion)
B. Maintien de la vie
f. Photosynthèse et respiration ³
ii. Représenter la réaction de photosynthèse sous forme d'équation équilibrée
iv. Représenter la réaction de respiration sous forme d'équation équilibrée
A. Caractéristiques de la Terre
2. Lithosphère
i. Minéraux
ii. Distinguer un minéral d'un minerai
iii. Décrire des impacts environnementaux de l'exploitation ou de la transformation de minéraux
k. Horizons du sol (profil)
i. Décrire la structure d'un sol (superposition de couches de composition et d'épaisseur variables)

ii. Expliquer la réactivité chimique et biologique d'un sol par sa composition (ex. : oxydation, neutralisation acidobasique, décomposition)
i. Pergélisol
i. Définir le pergélisol comme étant une couche de sol gelée en permanence
ii. Expliquer certaines conséquences du réchauffement du pergélisol (ex. : glissements de terrain, libération de méthane)
p. Cycles biogéochimiques
i. Cycle du carbone
Décrire des transformations liées à la circulation du carbone (ex. : photosynthèse, décomposition des végétaux, dissolution dans l'eau et combustion des combustibles fossiles)
ii. Cycle de l'azote
Décrire des transformations liées à la circulation de l'azote (ex. : fixation de l'azote, nitrification, dénitrification)
3. Hydrosphère
b. Bassin versant
i. Définir un bassin versant comme étant un territoire entourant un réseau hydrographique
ii. Décrire certains impacts de l'activité humaine sur les cours d'eau d'un bassin versant
c. Salinité
i. Définir la salinité comme étant une mesure de la quantité de sels dissous dans un volume donné
ii. Décrire l'influence de la salinité sur la masse volumique d'une solution
d. Circulation océanique
i. Décrire des facteurs qui influencent la circulation des courants en surface et en profondeur (ex. : vents, rotation terrestre, température, salinité, masse volumique)
ii. Décrire le rôle de la circulation thermohaline sur la régulation du climat planétaire (ex. : effet du Gulf Stream sur le climat de la côte est de l'Amérique du Nord)
e. Glacier et banquise
i. Distinguer un glacier d'une banquise
ii. Décrire certains impacts liés à la fonte des glaciers ou des banquises (ex. : hausse du niveau de la mer, perturbation de la circulation thermohaline)
4. Atmosphère
b. Effet de serre
i. Décrire l'effet de serre
ii. Expliquer des conséquences de l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (ex. : réchauffement climatique pouvant causer une hausse du niveau de la mer, une perturbation des écosystèmes, la fonte des glaciers)
c. Masse d'air
i. Décrire les propriétés d'une masse d'air (température, humidité, pression)
ii. Expliquer la formation de nuages lors de la rencontre de deux masses d'air différentes
d. Circulation atmosphérique
i. Décrire les principaux facteurs à l'origine de la circulation atmosphérique (ex. : variation de pression, réchauffement inégal de la surface de la Terre)

ii. Décrire l'effet des vents dominants sur la dispersion des polluants atmosphériques dans une région donnée
e. Cyclones et anticyclones
i. Expliquer la formation de cyclones (dépressions) et d'anticyclones (hautes pressions)
5. Régions climatiques
a. Facteurs influençant la distribution des biomes
i. Décrire des facteurs géographiques et climatiques qui influencent la distribution des biomes (ex. : latitude, humidité, température, salinité)
b. Biomes terrestres
i. Décrire divers biomes terrestres (ex. : faune, flore, climat, type de sol)
c. Biomes aquatiques
i. Décrire divers biomes aquatiques (ex. : faune, flore, température, salinité)
B. Phénomènes géologiques et géophysiques
i. Ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables
ii. Décrire des moyens technologiques utilisés par les humains pour produire de l'électricité à partir des ressources énergétiques de la lithosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère
iii. Décrire les principaux impacts de l'exploitation des ressources énergétiques de la lithosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère
C. Phénomènes astronomiques
1. Notions d'astronomie
b. Système Terre-Lune
i. Décrire le phénomène des marées à l'aide de l'effet gravitationnel du système Terre-Lune
d. Flux d'énergie émis par le Soleil
i. Décrire les principaux facteurs qui influencent la quantité d'énergie solaire reçue à la surface de la Terre (ex. : réflexion et absorption de l'énergie solaire par l'atmosphère ou les surfaces)
B. Ingénierie mécanique
3. Ingénierie
c. Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
i. Décrire les caractéristiques des liaisons dans un objet technique (liaison directe ou indirecte, rigide ou élastique, démontable ou indémontable, complète ou partielle)
ii. Déterminer les caractéristiques souhaitables des liaisons lors de la conception d'un objet technique
iii. Juger du choix de solutions d'assemblage dans un objet technique
e. Fonctions types
iii. Expliquer le choix d'un type de liaison dans un objet technique (ex. : le choix d'une vis permet la fixation et le démontage du boîtier d'un objet où l'on insère une pile)
f. Fonctions de guidage
i. Expliquer le choix d'un type de guidage dans un objet technique (ex. : la glissière d'un tiroir guide le tiroir et réduit le frottement)
j. Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement

i. Expliquer le choix d'un mécanisme de transmission du mouvement dans un objet technique (ex. : utilisation d'un engrenage plutôt que de roues de friction pour obtenir un couple moteur plus important et éviter le glissement)
m. Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement
i. Expliquer le choix d'un mécanisme de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses et système bielle et manivelle, pignon et crémaillère) dans un objet technique (ex. : la plupart des crics de voiture fonctionnent avec un mécanisme à vis et écrou plutôt qu'avec un mécanisme à pignon et crémaillère, parce qu'il permet d'obtenir une grande poussée à partir de la force du bras sur une petite manivelle et parce que le mécanisme est plus sécuritaire en raison de son irréversibilité)
n. Changements de vitesse
i. Utiliser des mécanismes permettant des variations de vitesse dans la conception d'objets techniques
C. Ingénierie électrique
a. Fonction d'alimentation
i. Définir la fonction d'alimentation comme étant la capacité à générer un courant électrique
ii. Déterminer la source de courant dans des objets techniques comportant un circuit électrique (ex. : pile chimique, pile solaire, alternateur, thermocouple, piézoélectrique)
b. Fonction de conduction, d'isolation et de protection
i. Définir la fonction de conduction comme étant la capacité à laisser passer le courant électrique
ii. Distinguer les conducteurs des isolants électriques dans un objet technique
iii. Décrire le rôle d'un composant de protection dans un circuit (fusible, disjoncteur)
iv. Analyser les facteurs qui influencent la conductibilité électrique (section, longueur, nature, température d'un conducteur)
c. Fonction de commande
i. Définir la fonction de commande comme étant la capacité de contrôler le passage du courant électrique
ii. Décrire divers types d'interrupteurs (levier, poussoir, bascule, commande magnétique)
d. Fonction de transformation de l'énergie (électricité, lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
i. Associer la fonction de transformation de l'énergie à divers composants d'un circuit (ex. : une ampoule transforme l'énergie électrique en lumière et en chaleur)
ii. Décrire les transformations d'énergie qui surviennent lors du fonctionnement d'appareils électriques ou électroniques (ex. : dans un téléphone portable, l'électricité est transformée en lumière pour l'affichage et en vibration pour le son)
D. Matériaux
2. Propriétés mécaniques des matériaux
a. Contraintes
ii. Décrire les contraintes auxquelles sont soumis divers objets techniques : traction, compression, torsion, flexion, cisaillement (ex. : un tremplin est soumis à des contraintes de flexion)
c. Caractérisation des propriétés mécaniques
i. Expliquer le choix d'un matériau en fonction de ses propriétés (ex. : la malléabilité de l'aluminium permet d'en faire des contenants minces)
d. Types et propriétés

i. Associer l'usage de différents types de matériaux à leurs propriétés respectives

Matières plastiques : thermoplastiques et thermodurcissables (ex. : les thermoplastiques sont utilisés pour la fabrication de prothèses en raison de leur résistance à la corrosion et de leur légèreté; la bakélite, un thermodurcissable, est utilisée pour mouler des pièces électriques, car c'est un bon isolant électrique)

Céramiques (ex. : on utilise les céramiques comme revêtement dans les fours, car elles présentent une bonne résistance à la chaleur, une grande dureté et une bonne résistance à l'usure)

Matériaux composites (ex. : la fibre de carbone est utilisée pour les bâtons de hockey en raison de sa dureté, de sa résilience et de sa légèreté)

e. Modifications des propriétés

i. Décrire différents traitements pour contrer la dégradation des matériaux (ex. : plaquage des métaux, traitement antirouille à l'huile, peinture)

E. Fabrication

TECHNIQUES

A. Technologie

1. Langage graphique¹

c. Techniques de schématisation²

i. Choisir la vue la plus explicite de l'objet technique à décrire

iii. Inscrire toutes les informations nécessaires pour expliquer le fonctionnement ou la construction d'un objet

f. Techniques de représentation graphique à l'aide d'instruments

i. Utiliser des instruments pour réaliser une représentation graphique (ex. : projection orthogonale à vues multiples, isométrie, perspective)

2. Fabrication

a. Techniques d'utilisation sécuritaire des machines et des outils⁴

ii. Utiliser des machines-outils de façon sécuritaire (ex. : scie à ruban, perceuse, ponceuse)

c. Techniques d'usinage et formage

v. Façonner la pièce en respectant les étapes des procédés d'usinage suivants : dénudage, épissure, soudure à l'étain

d. Techniques de finition

iii. Meuler, polir, marteler ou ciseler les pièces métalliques

f. Techniques de montage et démontage

iv. Dans le cas de circuits électriques, identifier et rassembler les composants électriques

vi. Choisir et agencer les composants électriques en fonction du schéma du circuit

viii. Relier les composants à l'aide de fils, de connecteurs ou de soudures

g. Techniques de vérification et contrôle

i. Évaluer les dimensions d'une pièce à l'aide d'une règle en cours de fabrication et après la fabrication

ii. Comparer les dimensions réelles d'une pièce aux spécifications (ébauche, plan, dossier technique, etc.)

iii. Utiliser un gabarit pour vérifier la conformité d'une pièce

- iv. Évaluer les dimensions d'une pièce à l'aide d'un pied à coulisse en cours de fabrication et après la fabrication
- h. Techniques de fabrication d'une pièce
- i. Procéder à la fabrication d'une pièce en appliquant les techniques appropriées

B. Science

- a. Techniques d'utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire⁵
 - i. Utiliser le matériel de laboratoire de façon sécuritaire (ex. : laisser refroidir une plaque chauffante, utiliser une pince à bécher)
 - ii. Manipuler les produits chimiques de façon sécuritaire (ex. : prélever à l'aide d'une spatule, aspirer avec une poire à pipette)
- d. Techniques d'utilisation d'instruments de mesure
 - vi. Utiliser de façon adéquate un instrument de mesure (ex. : ampèremètre, fiole jaugée)
- g. Techniques de collecte d'échantillons
 - i. Prélever des échantillons de façon adéquate (ex. : stériliser le contenant, utiliser une spatule, réfrigérer l'échantillon)

STRATÉGIES

A. Stratégies d'exploration

- 16. Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques, technologiques et contextuelles éventuellement utiles pour cerner un problème ou prévoir des tendances
- 17. Généraliser à partir de plusieurs cas particuliers structurellement semblables
- 18. Élaborer divers scénarios possibles
- 19. Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques ou technologiques

C. Stratégies d'analyse

- 4. Reasonner par analogie pour traiter des informations à l'aide de ses connaissances scientifiques et technologiques
- 5. Sélectionner des critères qui permettent de se positionner au regard d'une problématique scientifique ou technologique

Progression des apprentissages au secondaire

Science et technologie de l'environnement 4e secondaire

(STE 4e)

Note : Le présent tableur ne contient pas les textes d'introduction des univers, mais seulement les tableaux de savoirs essentiels de la progression.

Les tableaux suivants contiennent les notions étoilées de STE 4e secondaire où * : L'élève le fait par lui-même à la fin de l'année scolaire.

Pour voir toutes les notions et les détails, voir la PDA officielle.

Ceci n'est pas la PDA officielle! C'est une version lisible par des IA qui n'est pas habile à voir des images, couleurs de fond de cellule, lire des tableaux.

<https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/progressions-apprentissages/PFEO-progression-apprentissages-science-technologie-secondaire.pdf>

UNIVERS MATÉRIEL

A. Propriétés

1. Propriétés de la matière

d. Concentration

v. Déterminer la concentration d'une solution aqueuse (g/L, pourcentage, ppm, mol/L)

f. Force des électrolytes

i. Associer qualitativement la force d'un électrolyte à son degré de dissociation

B. Transformations

3. Transformations chimiques

c. Oxydation

iii. Associer une équation dans laquelle le dioxygène est l'un des réactifs à l'un des cas possibles d'une réaction d'oxydation

h. Sels

i. Déterminer la formule moléculaire du sel produit lors de la neutralisation d'un acide et d'une base donnés

i. Nature de la liaison

Définir une liaison covalente comme étant une liaison qui résulte d'un partage d'électrons

Représenter schématiquement une liaison covalente

Identifier des molécules qui comportent une liaison covalente (ex. : N_2 , CO_2)
ii. Ionique
Définir une liaison ionique comme étant une liaison qui résulte d'un gain ou d'une perte d'électron
Représenter schématiquement une liaison ionique
Identifier des molécules qui comportent une liaison ionique (ex. : $NaCl$, NH_4OH)
Associer la présence d'une liaison ionique à une substance électrolytique
I. Stœchiométrie
i. Déterminer des quantités de réactifs ou de produits à l'aide de calculs stœchiométriques (gramme ou mole)
m. Réactions endothermique et exothermique
i. Distinguer une réaction endothermique d'une réaction exothermique à l'aide de manifestations perceptibles (ex. : variation de température, dégagement de lumière)
ii. Distinguer une réaction endothermique d'une réaction exothermique à l'aide de la position du bilan énergétique dans l'équation chimique
4. Transformations nucléaires ⁷
a. Stabilité nucléaire
i. Expliquer la stabilité nucléaire comme étant la cohésion du noyau atomique assurée par un nombre optimal de neutrons
b. Radioactivité
i. Définir la radioactivité comme étant l'émission de particules ou d'énergie par des noyaux d'atomes à la suite de transformations nucléaires
ii. Associer l'utilisation de la radioactivité à des applications technologiques (ex. : radiothérapie, datation)
c. Fission et fusion
i. Distinguer la fission nucléaire de la fusion nucléaire
5. Transformations de l'énergie ⁸
e. Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température
i. Décrire qualitativement la relation entre la variation de l'énergie thermique (quantité de chaleur) d'une substance, sa masse, sa capacité thermique massique et la variation de température qu'elle subit
ii. Appliquer la relation mathématique entre l'énergie thermique, la masse, la capacité thermique massique et la variation de température ($\Delta E = Q = mc\Delta T$)
f. Force efficace
i. Définir la force efficace comme étant la composante de la force appliquée qui est exercée parallèlement au déplacement
ii. Déterminer graphiquement la grandeur de la force efficace dans une situation donnée
g. Relation entre le travail, la force et le déplacement
i. Décrire qualitativement la relation entre le travail, la force appliquée sur un corps et son déplacement
ii. Appliquer la relation mathématique entre le travail, la force efficace et le déplacement ($W = F\Delta s$)
h. Relation entre la masse et le poids

i. Décrire qualitativement la relation entre la masse et le poids
ii. Appliquer la relation mathématique entre la masse et le poids ($F_g = mg$)
i. Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
i. Décrire qualitativement la relation entre l'énergie potentielle d'un corps, sa masse, l'accélération gravitationnelle et son déplacement
ii. Appliquer la relation mathématique entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération gravitationnelle et le déplacement ($E_p = mgh$)
j. Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
i. Décrire qualitativement la relation entre l'énergie cinétique d'un corps, sa masse et sa vitesse
ii. Appliquer la relation mathématique entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse ($E_k = \frac{1}{2}mv^2$)
k. Relation entre le travail et l'énergie ¹⁰
i. Décrire qualitativement la relation entre le travail effectué sur un corps et sa variation d'énergie
ii. Appliquer la relation mathématique entre le travail et l'énergie ($W = \Delta E$)
C. Organisation
1. Structure de la matière
i. Neutron
i. Décrire la position et la charge électrique du neutron dans un atome
j. Modèle atomique simplifié
i. Représenter un atome d'un élément donné à l'aide du modèle atomique simplifié
l. Règles de nomenclature et d'écriture
i. Appliquer les règles de nomenclature et d'écriture pour nommer la molécule ou écrire la formule moléculaire de composés binaires
m. Ions polyatomiques
i. Reconnaître des ions polyatomiques usuels (ex. : NH_4^+ , OH^- , NO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) à l'aide de leur nom, de leur formule ou de leur composition
n. Notion de mole
i. Définir la mole comme étant l'unité de mesure de la quantité de matière
ii. Exprimer en mole une quantité de matière
o. Nombre d'Avogadro
i. Exprimer une quantité de particules à l'aide du nombre d'Avogadro
2. Classification périodique
a. Numéro atomique
i. Associer le numéro atomique d'un élément au nombre de protons qu'il possède
b. Isotopes ¹²
i. Définir les isotopes comme étant des atomes d'un élément dont les noyaux possèdent des nombres de neutrons différents, donc des masses atomiques différentes

- ii. Définir un isotope radioactif comme étant un isotope dont le noyau atomique est instable
- c. Masse atomique relative
- i. Expliquer qualitativement le concept de masse atomique relative
- d. Périodicité des propriétés
- i. Décrire la périodicité de certaines propriétés des éléments (ex. : réactivité chimique, rayon atomique, électronégativité)

F. Électricité et électromagnétisme

1. Électricité

f. Lois de Kirchhoff

- i. Expliquer la répartition du courant dans différents composants d'un circuit électrique
- ii. Déterminer la valeur du courant circulant dans différents composants d'un circuit électrique en série ou en parallèle
- iii. Expliquer la répartition de la tension aux bornes de différents composants d'un circuit électrique
- iv. Déterminer la valeur de la tension aux bornes de différents composants d'un circuit électrique en série ou en parallèle
- v. Déterminer la valeur de la résistance équivalente d'un circuit en série ou en parallèle à l'aide des lois d'Ohm et de Kirchhoff

g. Champ électrique

- i. Représenter le champ électrique généré par des charges électriques (charges ponctuelles, plaques chargées)

h. Loi de Coulomb

- i. Appliquer la relation mathématique entre la force électrique, les quantités de charges électriques et la distance qui sépare ces charges ($F = kq_1q_2/r^2$)

2. Électromagnétisme

c. Champ magnétique d'un solénoïde

- i. Décrire le champ magnétique produit par un solénoïde (règle de la main droite)
- ii. Nommer des moyens qui permettent de modifier l'intensité du champ magnétique produit par un solénoïde (nature du noyau, intensité du courant, nombre de spires)
- iii. Expliquer l'utilisation des solénoïdes dans des applications technologiques (ex. : écouteur, moteur électrique, grue magnétique)

univers vivant

A. Diversité de la vie

1. Écologie

h. Empreinte écologique

- i. Expliquer le concept d'empreinte écologique

i. Écotoxicologie

i. Contaminant¹

Définir un contaminant comme étant un agent qui cause la modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques d'un milieu ou d'un organisme

ii. Bioaccumulation

Définir la bioaccumulation comme étant l'accumulation d'un contaminant dans un organisme à partir de son environnement ou de son alimentation

Expliquer la bioaccumulation dans des chaînes trophiques (bioamplification)

iii. Bioconcentration

Définir la bioconcentration comme étant un cas particulier de bioaccumulation où un organisme accumule un contaminant par contact direct avec son milieu de vie (sources autres qu'alimentaires)

iv. Seuil de toxicité

Définir le seuil de toxicité d'une substance comme étant la concentration minimale d'une substance qui produit un effet néfaste notable sur un organisme (ex. : mg/kg de masse de l'organisme)

Décrire des facteurs qui influencent la toxicité d'un contaminant

(ex. : concentration, caractéristiques du milieu dans lequel il est rejeté, nature des organismes avec lesquels il est en contact, durée d'exposition)

3. Génétique

a. Hérité

i. Définir ce qu'est l'hérité

b. Gène

i. Définir un gène comme étant généralement un segment d'ADN qui porte le code permettant la synthèse d'une ou de plusieurs protéines

ii. Décrire la composition (bases azotées, sucre, phosphate) et la structure générale (appariement des bases sur la double hélice) d'une molécule d'ADN

c. Caractère

i. Définir ce qu'est un caractère héréditaire

ii. Nommer des caractères héréditaires chez un individu ou dans une population

d. Allèle

i. Définir un allèle comme étant l'une des formes que peut prendre un gène

e. Homozygote et hétérozygote

i. Définir un individu homozygote pour un gène comme étant porteur de deux allèles identiques de ce gène

ii. Définir un individu hétérozygote pour un gène comme étant porteur de deux allèles différents de ce gène

f. Dominance et récessivité

i. Décrire les phénomènes de dominance et de récessivité des caractères

g. Génotype et phénotype

i. Définir ce qu'est le génotype

ii. Définir ce qu'est le phénotype

iii. Décrire le génotype et le phénotype d'un individu pour un caractère (ex. : un haricot possédant le phénotype Jaune peut posséder un génotype Jaune-Jaune ou Jaune-Vert)

h. Synthèse des protéines

i. Décrire le rôle de l'ADN dans la synthèse des protéines
ii. Expliquer les phénomènes de la transcription et de la traduction d'un brin d'ADN
i. Croisement
i. Expliquer la relation entre les croisements réalisés par les humains sur des animaux ou des végétaux et l'obtention de caractères ciblés
A. Caractéristiques de la Terre
1. Caractéristiques générales de la Terre
m. Épuisement des sols
i. Expliquer comment des activités humaines contribuent à l'épuisement des sols
n. Capacité tampon du sol
i. Définir la capacité tampon d'un sol comme étant sa capacité à limiter les variations de pH
ii. Expliquer les avantages d'une bonne capacité tampon du sol
o. Contamination
i. Nommer des contaminants ³ du sol
p. Cycles biogéochimiques
iii. Cycle du phosphore
Décrire des transformations liées à la circulation du phosphore (ex. : érosion des roches, dégradation des engrais, métabolisme des algues)
3. Hydrosphère
f. Contamination
i. Nommer des contaminants ⁴ de l'eau
g. Eutrophisation
i. Expliquer le processus naturel d'eutrophisation d'un plan d'eau
ii. Expliquer comment des activités humaines accélèrent l'eutrophisation d'un plan d'eau
d. Circulation atmosphérique
ii. Décrire l'effet des vents dominants sur la dispersion des polluants atmosphériques dans une région donnée
f. Contamination
i. Nommer des contaminants ⁵ de l'air
A. Langage des lignes¹
f. Projections orthogonales
v. Interpréter des dessins d'ensemble d'objets techniques comportant peu de pièces
i. Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
i. Donner les caractéristiques d'un dessin en vue éclatée

ii. Expliquer l'utilité de la vue éclatée (projection accompagnant les directives d'assemblage d'un objet ou les spécifications dans un dossier technique)

I. Tolérances dimensionnelles

i. Définir la tolérance comme étant la précision exigée lors de la fabrication (dimension indiquée sur le dessin, accompagnée des écarts permis)

B. Ingénierie mécanique

3. Ingénierie

d. Degré de liberté d'une pièce

i. Expliquer l'utilité de limiter le mouvement (degré de liberté) dans le fonctionnement d'un objet technique (ex. : pour protéger une porte d'armoire des collisions, certains modèles de charnière permettent d'en limiter l'ouverture)

g. Adhérence et frottement entre les pièces

i. Décrire les avantages et les inconvénients liés à l'adhérence et au frottement entre les pièces dans un objet technique

m. Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement

ii. Expliquer le choix d'un mécanisme de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses et système bielle et manivelle, pignon et crémaillère, **excentrique**) dans un objet technique

C. Ingénierie électrique

b. Fonction de conduction, d'isolation et de protection

v. Utiliser la codification (code de couleurs) pour déterminer la résistance électrique d'un résistor

vi. Décrire le fonctionnement d'un circuit imprimé

c. Fonction de commande

iii. Distinguer un interrupteur unipolaire d'un interrupteur bipolaire

iv. Distinguer un interrupteur unidirectionnel d'un interrupteur bidirectionnel

e. Autres fonctions

i. Décrire la fonction de quelques composants électroniques (condensateur, diode)

D. Matériaux

2. Propriétés mécaniques des matériaux

f. Traitements thermiques

i. Définir les traitements thermiques comme étant des moyens de modifier des propriétés des matériaux (ex. : la trempé augmente la dureté, mais aussi la fragilité)

E. Fabrication

c. Façonnage

i. Machines et outillage

Associer des procédés de façonnage aux types de matériaux à mettre en forme (ex. : l'injection-soufflage est utilisée pour la mise en forme des matériaux plastiques)

Déterminer des techniques de mise en forme des matériaux à partir de l'observation directe d'objets techniques (ex. : certaines pattes de table sont façonnées à l'aide d'un tour à bois)

d. Fabrication
i. Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
Associer le traçage (marquage) à l'économie de matériaux, aux techniques de mise en forme et aux types de matériaux à façonner
Décrire les caractéristiques des outils nécessaires aux opérations de façonnage d'un matériau à usiner (ex. : la pointe d'un foret à métal est conique alors que celle d'un foret à bois est à double lèvre)
e. Mesure
i. Mesure directe
Expliquer l'utilité de la mesure directe (règle) pour le contrôle de l'usinage d'une pièce
Expliquer le choix de l'instrument utilisé pour effectuer une mesure directe (un pied à coulisse permet un plus grand degré de précision qu'une règle)
F. Biotechnologie
a. Procédés
vi. Clonage
Définir le clonage comme étant un mode de reproduction qui permet la copie identique d'un organisme, d'un tissu ou d'une cellule, modifiés génétiquement ou non
Décrire les principaux avantages et inconvénients du clonage
vii. Traitement des eaux usées
Décrire des traitements qui permettent de décontaminer des eaux usées
viii. Biodégradation des polluants
Décrire des méthodes qui favorisent la biodégradation des polluants (ex. : phytoremédiation)
TECHNIQUES
A. Technologie
2. Fabrication
f. Techniques de montage et démontage
v. Dans le cas de circuits électroniques, identifier et rassembler les composants électroniques
vii. Choisir et agencer les composants électroniques en fonction du schéma du circuit
B. Science
a. Techniques d'utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire ⁵
i. Utiliser le matériel de laboratoire de façon sécuritaire (ex. : laisser refroidir une plaque chauffante, utiliser une pince à bécher)
ii. Manipuler les produits chimiques de façon sécuritaire (ex. : prélever à l'aide d'une spatule, aspirer avec une poire à pipette)
d. Techniques d'utilisation d'instruments de mesure
vii. Utiliser de façon adéquate un pied à coulisse
C. Techniques communes à la science et à la technologie

a. Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure

i. Effectuer plusieurs fois la même mesure pour vérifier la fidélité de l'instrument utilisé

ii. Effectuer les opérations requises pour s'assurer de la justesse d'un instrument de mesure (ex. : nettoyer et calibrer une balance, sécher un cylindre gradué, rincer et calibrer un pH-mètre)

iii. Choisir un instrument de mesure en tenant compte de la sensibilité de l'instrument (ex. : utiliser un cylindre gradué de 25 mL plutôt qu'un cylindre gradué de 100 mL pour mesurer un volume de 18 mL d'eau)

b. Interprétation des résultats de la mesure

i. Déterminer l'erreur attribuable à un instrument de mesure (ex. : l'erreur sur la mesure effectuée à l'aide d'un cylindre gradué est fournie par le fabricant ou correspond à la moitié de la plus petite graduation)

ii. Estimer les erreurs associées à l'utilisateur et à l'environnement lors d'une mesure

iii. Exprimer un résultat avec un nombre de chiffres significatifs qui tient compte des erreurs sur la mesure (ex. : une mesure de 10,35 cm effectuée avec une règle graduée au millimètre devrait s'exprimer 10,4 cm ou 104 mm)

Progression des apprentissage (PDA)
Programme d'applications technologiques et scientifiques au secondaire
(ATS, 3e secondaire)

Ceci n'est pas la PDA officielle! C'est une version lisible par des IA qui n'est pas habile à voir des images, couleurs de fond de cellule, lire des tableaux.

<https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/progressions-apprentissages/PFEO-progression-apprentissages-applications-technologiques-scientifiques-secondaire.pdf>

Note : Le présent tableur ne contient pas les textes d'introduction des univers, mais seulement les tableaux de savoirs essentiels de la progression.

Les notions dans les tableaux suivants contiennent les éléments étoilés de la PDA (* : L'élève le fait par lui-même à la fin de l'année scolaire.) pour ATS 3e secondaire.

Pour voir toutes les notions et les détails, voir la PDA officielle.

Univers matériel

A. Propriétés

2. Propriétés physiques caractéristiques

a. Point de fusion

i. Identifier une substance par son point de fusion à l'aide d'un document de référence

b. Point d'ébullition

i. Identifier une substance par son point d'ébullition à l'aide d'un document de référence

c. Masse volumique

i. Expliquer le concept de masse volumique

ii. Déterminer la masse volumique de différentes substances

iii. Identifier des substances liquides et solides par leur masse volumique à l'aide d'un document de référence

3. Propriétés des solutions

a. Solutions

i. Reconnaître le soluté et le solvant dans un mélange homogène

ii. Décrire l'effet d'une variation de la quantité de soluté ou de solvant sur la concentration d'une solution

iii. Déterminer la concentration d'une solution aqueuse (g/L ou pourcentage)

4. Propriétés chimiques caractéristiques

a. Réaction à des indicateurs

i. Identifier une substance à l'aide de ses propriétés chimiques caractéristiques (ex. : l'amidon bleuit en présence d'une solution iodée, une solution acide fait jaunir le bleu de bromothymol)

B. Transformations

1. Transformations de la matière
e. Modèle particulaire
i. Définir le modèle particulaire comme étant une façon de représenter le comportement de la matière
ii. Décrire le modèle particulaire en fonction des qualités et des limites d'un modèle en science
2. Transformations physiques
a. Changement physique
iii. Décrire quelques transformations physiques (ex. : dissolution, dilution, changements d'état)
iv. Illustrer des transformations physiques à l'aide du modèle particulaire
3. Transformations chimiques
a. Changement chimique
iv. Nommer des transformations chimiques qui se produisent dans le corps humain (ex. : respiration, digestion)
4. Transformations de l'énergie ³
a. Formes d'énergie
i. Décrire les formes d'énergie chimique, thermique, mécanique et rayonnante
ii. Identifier les formes d'énergie en cause lors d'une transformation de l'énergie (ex. : d'électrique à thermique dans un grille-pain, d'électrique à rayonnante dans une lampe infrarouge)
C. Organisation
e. Substance pure
i. Définir une substance pure comme étant une substance formée d'une seule sorte d'atomes ou de molécules
ii. Distinguer un élément (ex. : fer, dioxygène, sodium) d'un composé (ex. : eau, gaz carbonique, glucose)
f. Mélanges homogènes et hétérogènes ⁷
i. Décrire des mélanges homogènes et des mélanges hétérogènes présents dans le corps humain (ex. : lymphes, sang, urine)
D. Fluides
a. Pression
i. Définir la pression comme étant la force exercée par les particules lorsqu'elles entrent en collision avec une surface contraignante
ii. Décrire qualitativement les principaux facteurs qui influencent la pression exercée par un fluide
b. Fluides compressible et incompressible
i. Distinguer un fluide compressible d'un fluide incompressible
ii. Nommer des fluides compressibles (ex. : air) et incompressibles (ex. : sang) dans le corps humain
iii. Expliquer, en s'appuyant sur le concept de pression, la façon dont les fluides se déplacent dans le corps humain
c. Relation entre pression et volume
i. Décrire qualitativement la relation entre la pression et le volume d'un gaz (ex. : inspiration et expiration, pompe à vélo)
E. Ondes

a. Fréquence
i. Définir la fréquence d'une onde comme étant le nombre d'oscillations par seconde (Hz)
ii. Associer la fréquence d'une onde sonore à la hauteur du son produit (ex. : une onde de basse fréquence produit un son grave)
b. Longueur d'onde
i. Définir la longueur d'onde comme étant la distance entre deux points identiques d'une onde à un instant donné (ex. : distance entre deux crêtes)
ii. Décrire la relation entre la longueur d'onde et l'énergie qui lui est associée (ex. : les rayons X, très énergétiques, ont une faible longueur d'onde)
c. Amplitude
i. Définir l'amplitude d'une onde sonore comme étant la puissance du son
d. Échelle des décibels
i. Situer, sur l'échelle des décibels, des niveaux dangereux pour l'oreille humaine selon la durée ou la fréquence de l'exposition
e. Spectre électromagnétique
i. Situer différentes régions sur le spectre électromagnétique (ex. : radio, infrarouge, lumière visible, rayons X)
ii. Décrire diverses applications des ondes électromagnétiques dans le secteur de la santé (ex. : radiographie par rayons X, imagerie optique par infrarouges)
f. Déviation des ondes lumineuses
i. Décrire la façon dont les rayons lumineux sont déviés par une surface réfléchissante plane
ii. Déterminer l'angle de réflexion d'un rayon lumineux à la surface d'un miroir plan
iii. Décrire la façon dont les rayons lumineux sont déviés lorsqu'ils traversent la surface d'une substance translucide convexe ou concave
g. Foyer d'une lentille
i. Déterminer la position du foyer d'une lentille concave et d'une lentille convexe
ii. Décrire le lien entre la position du foyer d'une lentille et le degré de déviation des rayons lumineux dans diverses situations (ex. : accommodation du cristallin, choix de verres correcteurs)
Univers vivant
C. Systèmes
Fonction de nutrition
1. Système digestif
a. Tube digestif
i. Identifier les principales parties du tube digestif (bouche, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus)
ii. Expliquer le rôle du tube digestif (décomposition des aliments, absorption des nutriments et de l'eau, évacuation des déchets)
iii. Décrire les fonctions des principaux organes du tube digestif (bouche, estomac, intestin grêle, gros intestin)
b. Glandes digestives
i. Identifier les principales glandes digestives (glandes salivaires, glandes gastriques, pancréas, foie, glandes intestinales)
ii. Décrire la fonction des principales glandes de l'appareil digestif (ex. : sécrétion de salive, d'enzymes gastriques, de sucs digestifs, de bile)

c. Types d'aliments
i. Décrire les principales fonctions biologiques des différents constituants alimentaires qui se trouvent dans les aliments (eau, protides, glucides, lipides, vitamines, sels minéraux)
ii. Associer les constituants alimentaires à leurs sources principales (ex. : les protides dans les viandes et substituts)
d. Valeur énergétique des aliments
i. Évaluer la valeur énergétique et nutritionnelle de divers aliments
e. Transformations des aliments
i. Décrire les deux types de transformations subies par les aliments dans le système digestif (mécanique et chimique)
ii. Associer les organes du tube digestif au type de transformation qu'ils font subir aux aliments (ex. : action mécanique des dents, action chimique des glandes)
2. Systèmes respiratoire et circulatoire
a. Système respiratoire
i. Identifier les principales parties du système respiratoire (fosses nasales, pharynx, trachée, bronches et poumons)
ii. Expliquer le rôle du système respiratoire (échanges gazeux entre le sang et l'air ambiant)
iii. Décrire la fonction des fosses nasales et des poumons
b. Fonctions des constituants du sang
i. Décrire la fonction principale du plasma (transport des éléments solubles et figurés du sang)
ii. Nommer les éléments figurés du sang (globules rouges, globules blancs, plaquettes sanguines)
iii. Décrire la fonction principale des éléments figurés du sang
c. Compatibilité des groupes sanguins
i. Déterminer la compatibilité ou l'incompatibilité des groupes sanguins entre eux (ex. : un individu du groupe A ne peut recevoir que du sang de type O ou A)
d. Système circulatoire
i. Identifier les principales parties du système circulatoire (cœur, types de vaisseaux, voies de circulation pulmonaire et systémique)
ii. Expliquer le rôle du système circulatoire (transport et échange des gaz, des nutriments et des déchets)
iii. Décrire la fonction des principales parties du système circulatoire (cœur, artères et veines, capillaires)
e. Système lymphatique
i. Nommer les principales parties du système lymphatique (lymphe, anticorps)
ii. Expliquer le rôle du système lymphatique (circulation des anticorps hors des vaisseaux sanguins)
iii. Décrire deux moyens qui permettent d'acquérir l'immunité active (production d'anticorps et vaccination)
3. Système excréteur
a. Système urinaire
i. Identifier les principales parties du système urinaire (reins, uretères, vessie, urètre)
ii. Expliquer le rôle du système excréteur (filtration du sang, évacuation des déchets cellulaires)

iii. Décrire la fonction des reins et de la vessie
b. Composants de l'urine
i. Nommer les principaux composants de l'urine (eau, sels minéraux, urée)
c. Maintien de l'équilibre sanguin
i. Expliquer le rôle des reins, des poumons et des glandes sudoripares dans le maintien de l'équilibre sanguin
Fonction de relation
1. Système nerveux et musculosquelettique
a. Système nerveux central
i. Identifier les parties du système nerveux central (encéphale, moelle épinière)
ii. Expliquer le rôle du système nerveux central (ex. : gestion des comportements complexes et traitement des informations sensorielles et des réponses associées)
iii. Décrire les fonctions de l'encéphale et de la moelle épinière
b. Système nerveux périphérique
i. Neurone
Identifier les principales parties d'un neurone (synapse, axone, dendrite)
Expliquer le rôle du système nerveux périphérique (transport de l'influx nerveux des sens vers l'encéphale et de l'encéphale vers les muscles)
ii. Influx nerveux
Associer les nerfs au transport de l'influx nerveux
Distinguer l'acte volontaire de l'arc réflexe
c. Récepteurs sensoriels
i. Œil
Identifier les principales parties de l'œil impliquées dans la vision (iris, cornée, cristallin, rétine)
Décrire la fonction des principales parties de l'œil
ii. Oreille
Identifier les principales parties de l'oreille impliquées dans l'audition ou l'équilibre (conduit auditif, tympan, osselets, cochlée, canaux semi-circulaires)
Décrire la fonction des principales parties de l'oreille impliquées dans l'audition
Décrire le rôle des canaux semi-circulaires dans le maintien de l'équilibre
iii. Langue
Décrire la fonction des papilles gustatives de la langue (transformation en influx nerveux des saveurs : sucré, salé, acide, amer et umami)
iv. Nez
Identifier les principales parties du nez impliquées dans l'odorat (fosses nasales, bulbe olfactif)
Décrire la fonction du bulbe olfactif
v. Peau

Décrire la fonction des récepteurs sensoriels de la peau (transformation en influx nerveux des sensations de pression, de température et de douleur)

d. Système musculosquelettique

i. Fonction des os, des articulations et des muscles

Nommer les principales parties du squelette (tête, thorax, colonne vertébrale, membres inférieurs et supérieurs)

Décrire les fonctions des principales parties du squelette (ex. : la colonne vertébrale protège la moelle épinière et permet des mouvements du tronc)

Expliquer le rôle du système musculosquelettique

Décrire le fonctionnement des paires de muscles antagonistes (ex. : biceps et triceps)

Décrire les fonctions des articulations (liaison des os entre eux et mobilité)

ii. Types de muscles

Associer les types de muscles (lisses, squelettiques, cardiaque) aux tissus dans lesquels on les trouve

iii. Types de mouvements articulaires

Décrire des types de mouvements permis par les articulations (ex. : flexion, rotation)

D. Perpétuation des espèces

2. Division cellulaire⁵

a. Mitose

i. Décrire les fonctions de la mitose (reproduction, croissance, régénération)

b. Méiose

i. Décrire la fonction de la méiose (produire des gamètes)

c. Diversité génétique

i. Associer la diversité génétique à la reproduction sexuée

Fonction de reproduction

1. Système reproducteur

a. Puberté (fille et garçon)

i. Décrire des changements physiques et psychologiques se produisant à la puberté (ex. : apparition des poils, modification de la voix, capacité de procréer, besoin d'indépendance)

b. Régulation hormonale chez l'homme

i. Spermatogenèse

Nommer les hormones responsables de la formation des spermatozoïdes (hormone folliculostimulante (FSH), hormone lutéinisante (LH) et testostérone)

ii. Érection

Décrire le processus de l'érection

iii. Éjaculation

Expliquer la fonction de l'éjaculation dans la reproduction

c. Régulation hormonale chez la femme

i. Ovogenèse

Nommer les hormones responsables de la maturation du follicule ovarien (FSH, LH, œstrogènes et progestérone)

ii. Cycle ovarien

Décrire les changements hormonaux se produisant au cours d'un cycle menstruel

iii. Cycle menstruel

Décrire les principales étapes du cycle menstruel (ex. : menstruation, développement de l'endomètre, ovulation)

Univers technologique

A. Langage des lignes¹

c. Standards et représentations

d. Tracés géométriques

i. Associer un dessin à une combinaison de tracés géométriques (ex. : le tracé du coin arrondi d'une table consiste en un raccordement d'un arc de cercle aux deux côtés d'un angle droit)

e. Lignes de base

i. Nommer les lignes de base présentes dans un dessin (ligne de contour visible, de contour caché, d'axe, d'attache, de cote)

ii. Associer, dans un dessin, les lignes de base aux contours et aux détails d'une pièce simple

f. Projections orthogonales

i. Associer les types de projections à leur utilité respective (vues multiples et projection isométrique)

ii. Interpréter des dessins représentant des pièces en projection orthogonale à vues multiples

iii. Représenter des formes simples en projection orthogonale à vues multiples

iv. Représenter des formes simples en projection isométrique

v. Interpréter des dessins d'ensemble d'objets techniques comportant peu de pièces

g. Échelles³

i. Associer les échelles à leur usage (représentation en grandeur réelle, en réduction ou en agrandissement d'un objet)

ii. Choisir une échelle d'utilisation simple pour réaliser un dessin (ex. : 1 : 1, 1 : 2, 5 : 1)

iii. Interpréter des dessins en considérant l'échelle utilisée

h. Formes de représentation

i. Définir la perspective, la projection oblique et la projection axonométrique

ii. Représenter par des croquis (dessins à main levée) des objets simples en utilisant diverses formes de représentation

i. Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)

i. Donner les caractéristiques d'un dessin en vue éclatée

ii. Expliquer l'utilité de la vue éclatée (projection accompagnant les directives d'assemblage d'un objet ou les spécifications dans un dossier technique)

j. Coupes et sections

i. Coupes
Décrire l'utilité de la coupe en dessin technique
Interpréter un dessin technique comportant des vues de pièces en coupe
Représenter une forme simple en réalisant une vue en coupe
ii. Sections
Distinguer une section d'une coupe
Décrire l'utilité de la section sortie et de la section rabattue
k. Cotation et tolérances
i. Cotation
Décrire les principales règles de cotation (ex. : pour faciliter la lecture d'un dessin technique, il faut éviter le croisement des lignes de cotation)
Interpréter des dessins techniques comportant les cotes (dimensions) requises pour la fabrication
ii. Tolérances
Définir la tolérance comme étant la précision exigée lors de la fabrication (dimension indiquée sur le dessin, accompagnée des écarts permis)
iii. Cotation fonctionnelle
Définir la cotation fonctionnelle comme étant l'ensemble des tolérances spécifiques liées à certaines pièces qui assurent le bon fonctionnement d'un objet (ex. : la distance entre deux axes est déterminante quant à la prise des roues dentées dans un engrenage)
l. Développements (prisme, cylindre, pyramide, cône)
i. Associer le développement de formes tridimensionnelles à la fabrication d'objets à partir de matériaux en feuilles (ex. : fabrication de boîtes de carton, de conduits d'aération en métal)
ii. Effectuer des développements de solides simples (ex. : pyramide, cylindre, cube)
B. Ingénierie mécanique
3. Ingénierie
b. Liaisons types des pièces mécaniques
i. Décrire les avantages et les inconvénients de différents types de liaisons
ii. Identifier les types de liaisons présents dans un objet technique (ex. : un couvercle vissé est lié au pot par une liaison hélicoïdale)
d. Fonctions types
i. Définir les fonctions types (liaison, guidage, étanchéité et lubrification)
ii. Associer une fonction type à certaines parties d'un objet technique
h. Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transmission du mouvement
i. Identifier des systèmes de transmission du mouvement dans des objets techniques (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
ii. Décrire les fonctions des composantes d'un système de transmission du mouvement (ex. : dans un vélo, la roue dentée d'un pédalier est l'organe moteur, la roue dentée de la roue arrière est l'organe récepteur et la chaîne est l'organe intermédiaire)

iii. Décrire la variation de vitesse ou la réversibilité d'un système de transmission du mouvement (ex. : une roue dentée menée qui est remplacée par une roue plus petite ou une roue qui compte moins de dents fait augmenter la vitesse de rotation)

k. Fonction, composantes et utilisation de systèmes de transformation du mouvement

i. Identifier des systèmes de transformation du mouvement dans des objets techniques (ex. : vis et écrou, came et galet, bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

ii. Décrire les fonctions des composantes d'un système de transformation du mouvement (ex. : dans un tire-bouchon à double levier, le pignon est l'organe moteur et la crémaillère est l'organe récepteur)

iii. Décrire la variation de vitesse ou la réversibilité d'un système de transformation du mouvement (ex. : l'ensemble came et galet constitue un système de transformation du mouvement non réversible)

C. Ingénierie électrique

a. Fonction d'alimentation

i. Définir la fonction d'alimentation comme étant la capacité à générer un courant électrique

b. Fonction de conduction, d'isolation et de protection

i. Définir la fonction de conduction comme étant la capacité à laisser passer le courant électrique

ii. Distinguer les conducteurs des isolants électriques dans un objet technique

iii. Décrire le rôle d'un composant de protection dans un circuit (fusible, disjoncteur)

c. Fonction de commande

i. Définir la fonction de commande comme étant la capacité de contrôler le passage du courant électrique

ii. Décrire divers types d'interrupteurs (levier, poussoir, bascule, commande magnétique)

D. Matériaux

2. Propriétés mécaniques des matériaux

a. Contraintes

i. Décrire les contraintes auxquelles sont soumis divers objets techniques : traction, compression, torsion (ex. : la partie supérieure d'une poutre subit des contraintes de compression)

ii. Décrire les contraintes auxquelles sont soumis divers objets techniques : traction, compression, torsion, flexion, cisaillement (ex. : un tremplin est soumis à des contraintes de flexion)

b. Propriétés mécaniques

i. Décrire des propriétés mécaniques de matériaux variés (ex. : dureté, ductilité, élasticité, malléabilité, résistance à la corrosion)

c. Caractérisation des propriétés mécaniques

i. Expliquer le choix d'un matériau en fonction de ses propriétés (ex. : la malléabilité de l'aluminium permet d'en faire des contenants minces)

d. Types et propriétés

i. Associer l'usage de différents types de matériaux à leurs propriétés respectives

Alliages à base de fer (ex. : la fonte offre une meilleure dureté que l'acier)

Métaux et alliages non ferreux (ex. : le fil d'un appareil dentaire peut être fait d'un alliage de nickel et de titane, car c'est un alliage à mémoire de forme)

Bois et bois modifiés (ex. : on utilise le chêne pour faire des planchers, car c'est un bois dur qui résiste aux chocs et à l'usure)
Matières plastiques : thermoplastiques (ex. : les thermoplastiques sont utilisés pour la fabrication de prothèses en raison de leur résistance à la corrosion et de leur légèreté)
Matières plastiques : thermodurcissables (ex. : la bakélite est utilisée pour mouler des pièces électriques, car c'est un bon isolant électrique)
Céramiques (ex. : on utilise les céramiques comme revêtement dans les fours, car elles présentent une bonne résistance à la chaleur, une grande dureté et une bonne résistance à l'usure)
Matériaux composites (ex. : la fibre de carbone est utilisée pour les bâtons de hockey en raison de sa dureté, de sa résilience et de sa légèreté)
e. Cellule
i. Décrire comment la cellule vivante peut être considérée comme un matériau (ex. : on fabrique de la peau artificielle à partir de tissus humains pour le traitement des brûlures)
ii. Comparer la cellule à un système technologique (fonction globale, intrants, extrants, procédés et contrôle)
E. Fabrication
c. Façonnage
i. Machines et outillage
Associer des procédés de façonnage aux types de matériaux à mettre en forme (ex. : l'injection-soufflage est utilisée pour la mise en forme des matériaux plastiques)
Déterminer des techniques de mise en forme des matériaux à partir de l'observation directe d'objets techniques (ex. : certaines pattes de table sont façonnées à l'aide d'un tour à bois)
d. Fabrication
i. Ébauchage
Définir l'ébauchage comme étant l'une des premières étapes du processus de fabrication
ii. Caractéristiques du traçage
Associer le traçage (marquage) à l'économie de matériaux, aux techniques de mise en forme et aux types de matériaux à façonner
e. Mesures et contrôle
i. Mesure directe
Expliquer l'utilité de la mesure directe (règle) pour le contrôle de l'usinage d'une pièce
F. Biotechnologie
a. Procédés
i. Pasteurisation
Décrire le procédé de pasteurisation
Décrire l'utilité de la pasteurisation (conservation des aliments et de leurs propriétés nutritives)
ii. Fabrication d'un vaccin
Décrire le procédé de fabrication d'un vaccin
iii. Insémination artificielle
Décrire divers procédés d'insémination artificielle

Décrire l'utilité de l'insémination artificielle (reproduction animale, réponse à l'infertilité chez l'humain, conservation du patrimoine génétique et **autosuffisance alimentaire**)

iv. Culture cellulaire

Nommer des paramètres à contrôler dans le cas des cellules cultivées (sources des cellules mères, croissance, conservation, caractéristiques des milieux de culture et normes éthiques)

Techniques

A. Technologie

1. Langage graphique¹

d. Techniques d'utilisation d'échelles³

iii. Coter des projections orthogonales à vues multiples en respectant les principales règles de cotation

2. Fabrication⁴

c. Techniques d'usinage et formage

f. Techniques de montage et démontage

h. Techniques de fabrication d'une pièce

i. Procéder à la fabrication d'une pièce en appliquant les techniques appropriées

B. Science

f. Techniques de préparation de solutions

i. Préparer une solution aqueuse de concentration donnée à partir d'un soluté solide

ii. Préparer une solution aqueuse de concentration donnée à partir d'une solution aqueuse concentrée

C. Stratégies d'analyse

Progression des apprentissage (PDA)
Programme d'applications technologiques et scientifiques au secondaire
(ATS 4e secondaire)

Ceci n'est pas la PDA officielle! C'est une version lisible par des IA qui n'est pas habile à voir des images, couleurs de fond de cellule, lire des tableaux.

<https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/progressions-apprentissages/PFEQ-progression-apprentissages-applications-technologiques-scientifiques-secondaire.pdf>

Note : Le présent tableur ne contient pas les textes d'introduction des univers, mais seulement les tableaux de savoirs essentiels de la progression.

Les notions dans les tableaux suivants contiennent les éléments étoilés de la PDA (* : L'élève le fait par lui-même à la fin de l'année scolaire.) pour ATS 4e.

Pour voir toutes les notions et les détails, voir la PDA officielle.

Univers matériel

B. Transformations

3. Transformations chimiques

c. Oxydation

i. Représenter une réaction d'oxydation à l'aide du modèle particulaire

ii. Associer des réactions chimiques connues à des réactions d'oxydation (ex. : combustion, formation de la rouille)

e. Combustion

i. Décrire les manifestations perceptibles d'une combustion vive (ex. : dégagement de chaleur, production de lumière)

ii. Expliquer une réaction de combustion à l'aide du triangle de feu

4. Transformations de l'énergie³

b. Loi de la conservation de l'énergie

i. Expliquer qualitativement la loi de la conservation de l'énergie

ii. Appliquer la loi de la conservation de l'énergie dans divers contextes

c. Rendement énergétique

i. Définir le rendement énergétique d'un appareil ou d'un système comme étant la proportion de l'énergie consommée qui est transformée en travail efficace (quantité d'énergie utile/quantité d'énergie consommée x 100)

ii. Expliquer comment améliorer le rendement énergétique d'un appareil électrique

d. Distinction entre la chaleur et la température⁴

i. Décrire la chaleur comme étant une manifestation de l'énergie

ii. Décrire le lien entre la chaleur et la température

D. Fluides

d. Principe d'Archimède

i. Décrire la relation entre le poids du volume d'eau déplacé par un corps immergé et la poussée verticale subie

ii. Expliquer la flottabilité d'un corps à l'aide du principe d'Archimède

e. Principe de Pascal

i. Reconnaître des objets techniques ou des systèmes technologiques dont le fonctionnement s'appuie sur le principe de Pascal (ex. : systèmes hydrauliques, systèmes pneumatiques)

f. Principe de Bernoulli

i. Décrire la relation entre la vitesse d'un fluide et sa pression

ii. Expliquer la notion de portance à l'aide du principe de Bernoulli

F. Électricité et électromagnétisme

1. Électricité

a. Charge électrique

i. Associer les particules élémentaires à leur charge électrique

ii. Décrire le comportement de charges électriques de signe contraire ou de même signe à proximité l'une de l'autre

b. Électricité statique

i. Décrire l'électricité statique comme un processus de transfert d'électrons d'un corps à un autre

c. Loi d'Ohm

i. Décrire qualitativement la relation entre la tension, la valeur de la résistance et l'intensité du courant dans un circuit électrique

ii. Appliquer la relation mathématique entre la tension, la résistance et l'intensité du courant dans un circuit électrique ($U = RI$)

d. Circuits électriques

i. Décrire la fonction de divers éléments d'un circuit électrique (ex. : les fils transmettent le mouvement des électrons tout au long du circuit; les résistors transforment l'énergie électrique en une autre forme d'énergie)⁸

ii. Décrire les deux types de branchements dans des circuits électriques (série, parallèle)

iii. Distinguer le courant alternatif du courant continu

iv. Représenter un circuit électrique simple à l'aide d'un schéma

e. Relation entre puissance et énergie électrique

i. Appliquer la relation mathématique entre la puissance, la tension et l'intensité du courant dans un circuit électrique ($P = UI$)

ii. Décrire qualitativement la relation entre la puissance d'un appareil électrique, l'énergie électrique consommée et le temps d'utilisation

iii. Appliquer la relation mathématique entre l'énergie électrique consommée, la puissance d'un appareil électrique et le temps d'utilisation ($E = P\Delta t$)

2. Électromagnétisme

a. Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique

i. Décrire le champ magnétique produit autour d'un fil parcouru par un courant électrique (règle de la main droite)

ii. Nommer des moyens qui permettent de modifier l'intensité du champ magnétique produit autour d'un fil parcouru par un courant électrique (nature du fil, intensité du courant)

b. Forces d'attraction et de répulsion

i. Comparer le comportement d'une boussole dans le champ magnétique d'un aimant et dans celui créé par un fil parcouru par un courant électrique

c. Champ magnétique d'un solénoïde

i. Décrire le champ magnétique produit par un solénoïde (règle de la main droite)

ii. Nommer des moyens qui permettent de modifier l'intensité du champ magnétique produit par un solénoïde (nature du noyau, intensité du courant, nombre de spires)

d. Induction électromagnétique

i. Nommer des moyens d'induire un courant électrique dans un fil (ex. : mouvement d'un aimant, variation de l'intensité d'un champ magnétique)

G. Forces et mouvements⁹

a. Force

i. Décrire les effets produits par une force (modification de l'état de mouvement d'un corps ou déformation d'un corps)

b. Types de forces

i. Reconnaître différents types de forces dans des objets techniques ou des systèmes technologiques (ex. : la force gravitationnelle dans une glissoire, la force magnétique exercée par un électroaimant)

c. Équilibre de deux forces

i. Décrire les conditions dans lesquelles un corps soumis à deux forces peut être en équilibre

d. Relation entre la vitesse constante, la distance et le temps

i. Décrire qualitativement la relation entre la vitesse, la distance et le temps

ii. Appliquer la relation mathématique entre la vitesse constante, la distance et le temps ($v = d/\Delta t$)

g. Distinction entre la masse et le poids

i. Décrire qualitativement la relation entre la masse et le poids

ii. Appliquer la relation mathématique entre la masse et le poids ($F_g = mg$)

Univers vivant

A. Diversité de la vie

1. Écologie

e. Dynamique des écosystèmes

i. Écosystèmes

Définir un écosystème comme étant l'ensemble des interactions des individus d'une communauté avec les facteurs abiotiques du milieu

ii. Perturbation

Définir une perturbation dans une communauté

Expliquer les effets de certains facteurs perturbants sur l'équilibre écologique (ex. : actions des humains et catastrophes naturelles)

iii. Relations trophiques

Décrire les niveaux trophiques (producteurs, consommateurs, décomposeurs)

Expliquer les interrelations entre les niveaux trophiques d'un réseau alimentaire

iv. Productivité primaire

Définir la productivité primaire comme étant la quantité de matière organique fabriquée par les végétaux d'un territoire donné

Expliquer les effets de certains facteurs sur la productivité primaire (ex. : les abeilles favorisent la pollinisation des arbres fruitiers; des micro-organismes pathogènes nuisent à la croissance des plantes)

v. Flux de matière et d'énergie

Décrire la circulation de la matière et le flux d'énergie dans un écosystème

vi. Recyclage chimique

Décrire des processus à la base du recyclage chimique (ex. : action des microorganismes et des décomposeurs, érosion)

vii. Facteurs influençant la distribution des biomes

Décrire des facteurs géographiques et climatiques qui influencent la distribution des biomes (ex. : latitude, humidité, température, salinité)

La Terre et l'espace

A. Caractéristiques de la Terre

2. Lithosphère

d. Minéraux

ii. Distinguer un minéral d'un minerai

iii. Décrire des impacts environnementaux de l'exploitation ou de la transformation de minéraux

3. Hydrosphère

b. Bassin versant

i. Définir un bassin versant comme étant un territoire entourant un réseau hydrographique

ii. Décrire certains impacts de l'activité humaine sur les cours d'eau d'un bassin versant

c. Masse d'air

i. Décrire les propriétés d'une masse d'air (température, humidité, pression)

ii. Expliquer la formation de nuages lors de la rencontre de deux masses d'air différentes

e. Cyclones et anticyclones

i. Expliquer la formation de cyclones (dépressions) et d'anticyclones (hautes pressions)

B. Phénomènes géologiques et géophysiques

i. Ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables

ii. Décrire des moyens technologiques utilisés par les humains pour produire de l'électricité à partir des ressources énergétiques de la lithosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère

iii. Décrire les principaux impacts de l'exploitation des ressources énergétiques de la lithosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère

C. Phénomènes astronomiques

1. Notions d'astronomie

b. Système Terre-Lune

i. Décrire le phénomène des marées à l'aide de l'effet gravitationnel du système Terre-Lune

d. Flux d'énergie émis par le Soleil

i. Décrire les principaux facteurs qui influencent la quantité d'énergie solaire reçue à la surface de la Terre (ex. : réflexion et absorption de l'énergie solaire par l'atmosphère ou les surfaces)

Univers technologique

A. Langage des lignes¹

c. Standards et représentations

i. Choisir le type de schéma approprié à la représentation souhaitée (ex. : utiliser un schéma de construction pour représenter des solutions d'assemblage, un schéma de principes pour représenter le fonctionnement d'un objet)

ii. Représenter les mouvements liés au fonctionnement d'un objet à l'aide des symboles appropriés (mouvement de translation rectiligne, de rotation, hélicoïdal)

f. Projections orthogonales

v. Interpréter des dessins d'ensemble d'objets techniques comportant peu de pièces

k. Cotation et tolérances

iii. Cotation fonctionnelle

Définir la cotation fonctionnelle comme étant l'ensemble des tolérances spécifiques liées à certaines pièces qui assurent le bon fonctionnement d'un objet (ex. : la distance entre deux axes est déterminante quant à la prise des roues dentées dans un engrenage)

l. Développements (prisme, cylindre, pyramide, cône)

i. Associer le développement de formes tridimensionnelles à la fabrication d'objets à partir de matériaux en feuilles (ex. : fabrication de boîtes de carton, de conduits d'aération en métal)

ii. Effectuer des développements de solides simples (ex. : pyramide, cylindre, cube)

B. Ingénierie mécanique

3. Ingénierie

c. Liaisons des pièces mécaniques

i. Décrire les caractéristiques des liaisons dans un objet technique (liaison directe ou indirecte, rigide ou élastique, démontable ou indémontable, complète ou partielle)

ii. Déterminer les caractéristiques souhaitables des liaisons lors de la conception d'un objet technique

iii. Juger du choix de solutions d'assemblage dans un objet technique
iv. Expliquer l'utilité de limiter le mouvement (degré de liberté) dans le fonctionnement d'un objet technique (ex. : pour protéger une porte d'armoire des collisions, certains modèles de charnière permettent d'en limiter l'ouverture)
d. Fonctions types
iii. Expliquer le choix d'un type de liaison dans un objet technique (ex. : le choix d'une vis permet la fixation et le démontage du boîtier d'un objet où l'on insère une pile)
e. Fonctions de guidage
i. Expliquer le choix d'un type de guidage dans un objet technique (ex. : la glissière d'un tiroir guide le tiroir et réduit le frottement)
f. Adhérence et frottement entre les pièces
i. Décrire les avantages et les inconvénients liés à l'adhérence et au frottement entre les pièces dans un objet technique
i. Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement
i. Expliquer le choix d'un mécanisme de transmission du mouvement dans un objet technique (ex. : utilisation d'un engrenage plutôt que de roues de friction pour obtenir un couple moteur plus important et éviter le glissement)
I. Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement
i. Expliquer le choix d'un mécanisme de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses et système bielle et manivelle, pignon et crémaillère) dans un objet technique (ex. : la plupart des crics de voiture fonctionnent avec un mécanisme à vis et écrou plutôt qu'avec un mécanisme à pignon et crémaillère, parce qu'il permet d'obtenir une grande poussée à partir de la force du bras sur une petite manivelle et parce que le mécanisme est plus sécuritaire en raison de son irréversibilité)
ii. Distinguer une came d'une roue excentrique
m. Changements de vitesse
ii. Expliquer le changement de vitesse dans le fonctionnement d'un objet technique à l'aide des concepts de couple résistant et de couple moteur
C. Ingénierie électrique
a. Fonction d'alimentation
ii. Déterminer la source de courant dans des objets techniques comportant un circuit électrique (ex. : pile chimique, pile solaire, alternateur, thermocouple, piézoélectrique) ⁶
b. Fonction de conduction, d'isolation et de protection
iv. Analyser les facteurs qui influencent la conductibilité électrique (section, longueur, nature, température d'un conducteur)
v. Utiliser la codification (code de couleurs) pour déterminer la résistance électrique d'un résistor
vi. Décrire le fonctionnement d'un circuit imprimé
c. Fonction de commande
iii. Distinguer un interrupteur unipolaire d'un interrupteur bipolaire
iv. Distinguer un interrupteur unidirectionnel d'un interrupteur bidirectionnel
d. Fonction de transformation de l'énergie (électricité, lumière, chaleur, vibration, magnétisme)

i. Associer la fonction de transformation de l'énergie à divers composants d'un circuit (ex. : une ampoule transforme l'énergie électrique en lumière et en chaleur)

ii. Décrire les transformations d'énergie qui surviennent lors du fonctionnement d'appareils électriques ou électroniques (ex. : dans un téléphone portable, l'électricité est transformée en lumière pour l'affichage et en vibration pour le son)

e. Autres fonctions

i. Décrire la fonction de quelques composants électroniques (condensateur, diode, transistor, relais)

D. Matériaux

2. Propriétés mécaniques des matériaux

a. Contraintes

ii. Décrire les contraintes auxquelles sont soumis divers objets techniques : traction, compression, torsion, flexion, cisaillement (ex. : un tremplin est soumis à des contraintes de flexion)

c. Caractérisation des propriétés mécaniques

i. Expliquer le choix d'un matériau en fonction de ses propriétés (ex. : la malléabilité de l'aluminium permet d'en faire des contenants minces)

d. Types et propriétés

Matières plastiques : thermodurcissables (ex. : la bakélite est utilisée pour mouler des pièces électriques, car c'est un bon isolant électrique)

Céramiques (ex. : on utilise les céramiques comme revêtement dans les fours, car elles présentent une bonne résistance à la chaleur, une grande dureté et une bonne résistance à l'usure)

Matériaux composites (ex. : la fibre de carbone est utilisée pour les bâtons de hockey en raison de sa dureté, de sa résilience et de sa légèreté)

f. Modifications des propriétés

i. Décrire différents traitements pour contrer la dégradation des matériaux (ex. : plaquage des métaux, traitement antirouille à l'huile, peinture)

g. Traitements thermiques

i. Définir les traitements thermiques comme étant des moyens de modifier des propriétés des matériaux (ex. : la trempe augmente la dureté, mais aussi la fragilité)

E. Fabrication

d. Fabrication

iii. Caractéristiques du perçage, du taraudage, du filetage, du cambrage et du pliage

Décrire les caractéristiques des outils nécessaires aux opérations de façonnage d'un matériau à usiner (ex. : la pointe d'un foret à métal est conique alors que celle d'un foret à bois est à double lèvre)

e. Mesures et contrôle

Expliquer le choix de l'instrument utilisé pour effectuer une mesure directe (un pied à coulisse permet un plus grand degré de précision qu'une règle)

ii. Contrôle, forme et position (plan, section, angle)

Associer des techniques de contrôle de la qualité de l'usinage (mesure indirecte) de matériaux et d'objets techniques au degré de précision souhaité (ex. : la forme d'un instrument de musique est validée à l'aide d'un numériseur tridimensionnel pour s'assurer de la sonorité souhaitée)

A. Technologie

1. Langage graphique¹

i. Choisir la vue la plus explicite de l'objet technique à décrire

iii. Inscrire toutes les informations nécessaires pour expliquer le fonctionnement ou la construction d'un objet

f. Techniques de représentation graphique à l'aide d'instruments

i. Utiliser des instruments pour réaliser une représentation graphique (ex. : projection orthogonale à vues multiples, isométrie, perspective)

g. Techniques d'utilisation d'un logiciel de dessin vectoriel

i. Utiliser un logiciel de dessin vectoriel pour réaliser divers schémas en deux et trois dimensions (ex. : barre d'outils de dessin dans Word)

2. Fabrication⁴

a. Techniques d'utilisation sécuritaire des machines et des outils⁵

ii. Utiliser des machines-outils de façon sécuritaire (ex. : scie à ruban, perceuse, ponceuse)

b. Techniques de mesurage et traçage

c. Techniques d'usinage et formage

v. Façonner la pièce en respectant les étapes des procédés d'usinage suivants : dénudage, épissure, soudure à l'étain

d. Techniques de finition

iii. Meuler, polir, marteler ou ciseler les pièces métalliques

e. Techniques d'assemblage

iv. Dans le cas de circuits électriques, identifier et rassembler les composants électriques

v. Dans le cas de circuits électroniques, identifier et rassembler les composants électroniques

vi. Choisir et agencer les composants électriques en fonction du schéma du circuit

vii. Choisir et agencer les composants électroniques en fonction du schéma du circuit

viii. Relier les composants à l'aide de fils, de connecteurs ou de soudures

ix. Relier les composants sur une plaque de circuits imprimés

x. Utiliser une poire à dessouder pour enlever une soudure

g. Techniques de vérification et contrôle

i. Évaluer les dimensions d'une pièce à l'aide d'une règle en cours de fabrication et après la fabrication

ii. Comparer les dimensions réelles d'une pièce aux spécifications (ébauche, plan, dossier technique, etc.)

iii. Utiliser un gabarit pour vérifier la conformité d'une pièce

iv. Évaluer les dimensions d'une pièce à l'aide d'un pied à coulisse en cours de fabrication et après la fabrication

h. Techniques de fabrication d'une pièce

i. Procéder à la fabrication d'une pièce en appliquant les techniques appropriées

B. Science

d. Techniques d'utilisation d'instruments de mesure

vi. Utiliser de façon adéquate un instrument de mesure (ex. : ampèremètre, fiole jaugée)

g. Techniques de collecte d'échantillons

i. Prélever des échantillons de façon adéquate (ex. : stériliser le contenant, utiliser une spatule, réfrigérer l'échantillon)

Stratégies

A. Stratégies d'exploration

16. Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques, technologiques et contextuelles éventuellement utiles pour cerner un problème ou prévoir des tendances

17. Généraliser à partir de plusieurs cas particuliers structurellement semblables

18. Élaborer divers scénarios possibles

19. Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques ou technologiques

C. Stratégies d'analyse

4. Raisonner par analogie pour traiter des informations à l'aide de ses connaissances scientifiques et technologiques

5. Sélectionner des critères qui permettent de se positionner au regard d'une problématique scientifique ou technologique

Progression des apprentissage (PDA)

Science et environnement (SE 4e secondaire)

Ceci n'est pas la PDA officielle! C'est une version lisible par des IA qui n'est pas habile à voir des images, couleurs de fond de cellule, lire des tableaux.

<https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/progressions-apprentissages/PFEQ-progression-apprentissages-applications-technologiques-scientifiques-secondaire.pdf>

Note : Le présent tableur ne contient pas les textes d'introduction des univers, mais seulement les tableaux de savoirs essentiels de la progression.

Les notions dans les tableaux suivants contiennent les éléments étoilés de la PDA (* : L'élève le fait par lui-même à la fin de l'année scolaire.) pour SE 4e. Pour voir toutes les notions et les détails, voir la PDA officielle.

Univers matériel

A. Propriétés

2. Propriétés physiques caractéristiques

d. Solubilité

i. Définir le concept de solubilité

ii. Décrire l'effet d'une variation de température sur la solubilité d'une substance

3. Propriétés des solutions

a. Solutions

iv. Déterminer la concentration d'une solution aqueuse (g/L, pourcentage, ppm, mol/L)

b. Électrolytes

i. Définir le concept d'électrolyte

ii. Associer qualitativement la force d'un électrolyte à son degré de dissociation

c. Échelle pH

i. Décrire l'échelle pH (acidité, alcalinité, neutralité, valeurs croissantes et décroissantes)

ii. Déterminer le pH de quelques substances usuelles (ex. : eau distillée, eau de pluie, salive, jus de citron, produit nettoyant)

d. Ions

i. Définir le concept d'ion

e. Conductibilité électrique

i. Décrire le mécanisme permettant la conductibilité électrique dans une solution aqueuse (dissolution électrolytique d'un soluté, formation d'ions mobiles)

B. Transformations

2. Transformations physiques

b. Dissolution

i. Expliquer le phénomène de dissolution à l'aide du modèle particulaire

c. Dilution
i. Expliquer le phénomène de dilution en termes de concentration et de volume
ii. Déterminer le volume final ou la concentration finale d'une solution aqueuse après une dilution (ex. : la concentration d'une solution diminue de moitié lorsque le volume du solvant est doublé)
3. Transformations chimiques
b. Décomposition et synthèse
i. Associer des réactions chimiques connues à des réactions de décomposition ou de synthèse (ex. : respiration, photosynthèse, combustion, digestion)
c. Oxydation
ii. Associer une équation dans laquelle le dioxygène est l'un des réactifs à l'un des cas possibles d'une réaction d'oxydation
d. Précipitation
i. Décrire la manifestation visible d'une précipitation (formation d'un dépôt solide lors du mélange de deux solutions aqueuses)
ii. Représenter une réaction de précipitation à l'aide du modèle particulaire
g. Réaction de neutralisation acido-basique
i. Donner des exemples de réaction de neutralisation acidobasique (ex. : l'ajout de chaux pour neutraliser l'acidité d'un lac)
ii. Nommer les produits formés lors d'une neutralisation acidobasique (sel et eau)
iii. Reconnaître une neutralisation acidobasique à l'aide de son équation
h. Sels
i. Déterminer la formule moléculaire du sel produit lors de la neutralisation d'un acide et d'une base donnés
i. Nature de la liaison
i. Covalente
Définir une liaison covalente comme étant une liaison qui résulte d'un partage d'électrons
Représenter schématiquement une liaison covalente
Identifier des molécules qui comportent une liaison covalente (ex. : N ₂ , CO ₂)
ii. Ionique
Définir une liaison ionique comme étant une liaison qui résulte d'un gain ou d'une perte d'électron
Représenter schématiquement une liaison ionique
Identifier des molécules qui comportent une liaison ionique (ex. : NaCl, NH ₄ OH)
Associer la présence d'une liaison ionique à une substance électrolytique
j. Loi de la conservation de la masse
i. Expliquer la loi de la conservation de la masse lors d'une réaction chimique
ii. Représenter la conservation de la masse à l'aide du modèle particulaire
k. Balancement d'équations chimiques
i. Balancer des équations chimiques
l. Stœchiométrie
i. Déterminer des quantités de réactifs ou de produits à l'aide de calculs stœchiométriques (gramme ou mole)
m. Réactions endothermique et exothermique

i. Distinguer une réaction endothermique d'une réaction exothermique à l'aide de manifestations perceptibles (ex. : variation de température, dégagement de lumière)
ii. Distinguer une réaction endothermique d'une réaction exothermique à l'aide de la position du bilan énergétique dans l'équation chimique
4. Transformations de l'énergie ³
e. Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique et la variation de température ⁵
i. Décrire qualitativement la relation entre la variation de l'énergie thermique (quantité de chaleur) d'une substance, sa masse, sa capacité thermique massique et la variation de température qu'elle subit
ii. Appliquer la relation mathématique entre l'énergie thermique, la masse, la capacité thermique massique et la variation de température ($\Delta E = Q = mc\Delta T$)
f. Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
i. Décrire qualitativement la relation entre l'énergie potentielle d'un corps, sa masse, l'accélération gravitationnelle et son déplacement
ii. Appliquer la relation mathématique entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération gravitationnelle et le déplacement ($E_p = mgh$)
g. Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
i. Décrire qualitativement la relation entre l'énergie cinétique d'un corps, sa masse et sa vitesse
ii. Appliquer la relation mathématique entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse ($E_k = \frac{1}{2}mv^2$)
h. Relation entre le travail et l'énergie ⁶
i. Décrire qualitativement la relation entre le travail effectué sur un corps et sa variation d'énergie
ii. Appliquer la relation mathématique entre le travail et l'énergie ($W = \Delta E$)
C. Organisation
g. Particules élémentaires
i. Décrire la position et la charge électrique des particules élémentaires dans un atome (proton, électron, neutron)
h. Modèle atomique simplifié
i. Représenter un atome d'un élément donné à l'aide du modèle atomique simplifié
i. Notation de Lewis
i. Déterminer le nombre d'électrons de valence d'un élément
ii. Représenter des atomes à l'aide de la notation de Lewis
j. Règles de nomenclature et d'écriture
i. Appliquer les règles de nomenclature et d'écriture pour nommer la molécule ou écrire la formule moléculaire de composés binaires
k. Ions polyatomiques
i. Reconnaître des ions polyatomiques usuels (ex. : NH_4^+ , OH^- , NO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) à l'aide de leur nom, de leur formule ou de leur composition
l. Notion de mole
i. Définir la mole comme étant l'unité de mesure de la quantité de matière
ii. Exprimer en mole une quantité de matière
m. Masse atomique relatives et isotopes
i. Définir les isotopes comme étant des atomes d'un élément dont les noyaux possèdent des nombres de neutrons différents, donc des masses atomiques différentes
ii. Expliquer qualitativement le concept de masse atomique relative
G. Forces et mouvements⁹
e. Force efficace

i. Définir la force efficace comme étant la composante de la force appliquée qui est exercée parallèlement au déplacement

ii. Déterminer graphiquement la grandeur de la force efficace dans une situation donnée

f. Relation entre le travail, la force et le déplacement

i. Décrire qualitativement la relation entre le travail effectué, la force appliquée sur un corps et son déplacement

ii. Appliquer la relation mathématique entre le travail, la force et le déplacement ($W = F\Delta s$)

g. Distinction entre la masse et le poids

Univers vivant

A. Diversité de la vie

f. Écotoxicologie

i. Contaminant¹

Définir un contaminant comme étant un agent qui cause la modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques d'un milieu ou d'un organisme

ii. Bioaccumulation

Définir la bioaccumulation comme étant l'accumulation d'un contaminant dans un organisme à partir de son environnement ou de son alimentation

Expliquer la bioaccumulation dans des chaînes trophiques (bioamplification)

iii. Bioconcentration

Définir la bioconcentration comme étant un cas particulier de bioaccumulation où un organisme accumule un contaminant par contact direct avec son milieu de vie (sources autres qu'alimentaires)

iv. Seuil de toxicité

Définir le seuil de toxicité d'une substance comme étant la concentration minimale d'une substance qui produit un effet néfaste notable sur un organisme (ex. : mg/kg de masse de l'organisme)

Décrire des facteurs qui influencent la toxicité d'un contaminant
(ex. : concentration, caractéristiques du milieu dans lequel il est rejeté, nature des organismes avec lesquels il est en contact, durée d'exposition)

B. Maintien de la vie

f. Photosynthèse et respiration³

ii. Représenter la réaction de photosynthèse sous forme d'équation équilibrée

iv. Représenter la réaction de respiration sous forme d'équation équilibrée

La Terre et l'espace

A. Caractéristiques de la Terre

2. Lithosphère

f. Horizons du sol (profil)

i. Décrire la structure d'un sol (superposition de couches de composition et d'épaisseur variables)

ii. Expliquer la réactivité chimique et biologique d'un sol par sa composition (ex. : oxydation, neutralisation acidobasique, décomposition)

g. Capacité tampon du sol

i. Définir la capacité tampon d'un sol comme étant sa capacité à limiter les variations de pH

ii. Expliquer les avantages d'une bonne capacité tampon du sol

h. Contamination

i. Nommer des contaminants ² du sol
3. Hydrosphère
c. Contamination
i. Nommer des contaminants ³ de l'eau
d. Eutrophisation
i. Expliquer le processus naturel d'eutrophisation d'un plan d'eau
ii. Expliquer comment des activités humaines accélèrent l'eutrophisation d'un plan d'eau
4. Atmosphère
b. Effet de serre
i. Décrire l'effet de serre
ii. Expliquer des conséquences de l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (ex. : réchauffement climatique pouvant causer une hausse du niveau de la mer, une perturbation des écosystèmes, la fonte des glaciers)
d. Circulation atmosphérique
i. Décrire les principaux facteurs à l'origine de la circulation atmosphérique (ex. : variation de pression, réchauffement inégal de la surface de la Terre)
ii. Décrire l'effet des vents dominants sur la dispersion des polluants atmosphériques dans une région donnée
f. Contamination
i. Nommer des contaminants ⁴ de l'air

A. Langage des lignes¹

Techniques

B. Science

a. Techniques d'utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire ⁶
i. Utiliser le matériel de laboratoire de façon sécuritaire (ex. : laisser refroidir une plaque chauffante, utiliser une pince à bécher)
ii. Manipuler les produits chimiques de façon sécuritaire (ex. : prélever à l'aide d'une spatule, aspirer avec une poire à pipette)
d. Techniques d'utilisation d'instruments de mesure
vii. Utiliser de façon adéquate un pied à coulisse

C. Techniques communes à la science et à la technologie

a. Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure
i. Effectuer plusieurs fois la même mesure pour vérifier la fidélité de l'instrument utilisé
ii. Effectuer les opérations requises pour s'assurer de la justesse d'un instrument de mesure (ex. : nettoyer et calibrer une balance, sécher un cylindre gradué, rincer et calibrer un pH-mètre)
iii. Choisir un instrument de mesure en tenant compte de la sensibilité de l'instrument (ex. : utiliser un cylindre gradué de 25 mL plutôt qu'un cylindre gradué de 100 mL pour mesurer un volume de 18 mL d'eau)
b. Interprétation des résultats de la mesure
i. Déterminer l'erreur attribuable à un instrument de mesure (ex. : l'erreur sur la mesure effectuée à l'aide d'un cylindre gradué est fournie par le fabricant ou correspond à la moitié de la plus petite graduation)
ii. Estimer les erreurs associées à l'utilisateur et à l'environnement lors d'une mesure
iii. Exprimer un résultat avec un nombre de chiffres significatifs qui tient compte des erreurs sur la mesure (ex. : une mesure de 10,35 cm effectuée avec une règle graduée au millimètre devrait s'exprimer 10,4 cm ou 104 mm)

**ÉCHELLES DES NIVEAUX
DE COMPÉTENCE**

ENSEIGNEMENT SECONDAIRE, 2^e CYCLE

Science et technologie

**Science et technologie de
l'environnement**

**Applications technologiques
et scientifiques**

Science et environnement

Chimie

Physique

Troisième édition
3^e, 4^e et 5^e année du secondaire

**ÉCHELLES DES NIVEAUX
DE COMPÉTENCE**

ENSEIGNEMENT SECONDAIRE, 2^e CYCLE

Science et technologie

**Science et technologie de
l'environnement**

**Applications technologiques
et scientifiques**

Science et environnement

Chimie

Physique

Troisième édition
3^e, 4^e et 5^e année du secondaire

Dans le présent document, le masculin est utilisé sans aucune discrimination et dans le seul but d'alléger le texte.

Les établissements d'enseignement sont autorisés à reproduire ce document, en totalité ou en partie. S'il est reproduit pour être vendu, le prix ne devra pas excéder le coût de reproduction.

Ce document est accessible dans Internet à l'adresse suivante :
[<http://www.mels.gouv.qc.ca/DGFJ/de/>].

© Gouvernement du Québec
Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 09-00792
ISBN 978-2-550-57474-3 (version imprimée)
ISBN 978-2-550-57475-0 (PDF)
Dépôt Légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2009

Avant-propos

Les échelles des niveaux de compétence présentées dans ce document constituent les références officielles à partir desquelles les enseignants du 2^e cycle du secondaire doivent réaliser le bilan des apprentissages des élèves. La première partie de ce document a pour but de fournir des précisions sur la nature de cette instrumentation et sur son utilisation. Les échelles sont ensuite présentées dans la seconde partie.

Il est à noter que cette troisième édition présente les échelles de la 3^e, de la 4^e et de la 5^e année du secondaire. Elle remplace donc les éditions antérieures des échelles des niveaux de compétence du 2^e cycle du secondaire publiées en 2007 et en 2008.

Première partie : Présentation

Présentation

Des références officielles pour tous les enseignants

Les échelles des niveaux de compétence s'inscrivent dans une perspective de reconnaissance des compétences. Leur utilisation est prescrite par le régime pédagogique pour situer le niveau de compétence atteint par les élèves à la fin de chacune des années du 2^e cycle du secondaire (article 30.1).

Un modèle uniforme dans toutes les disciplines

Afin de s'assurer que l'indication du niveau de compétence transmise à l'intérieur du bilan des apprentissages s'appuie sur des références claires et uniformes, les échelles des niveaux de compétence de toutes les disciplines ont été élaborées selon une même structure à cinq niveaux, tant au primaire qu'au secondaire.

Structure des échelles des niveaux de compétence

NIVEAU	JUGEMENT GLOBAL	MOBILISATION DES RESSOURCES*
5	COMPÉTENCE MARQUÉE	L'élève mobilise avec efficacité l'ensemble des ressources : il réalise les tâches de manière remarquable.
4	COMPÉTENCE ASSURÉE	L'élève mobilise l'ensemble des ressources : il réalise correctement les tâches.
3	COMPÉTENCE ACCEPTABLE	L'élève mobilise les principales ressources : il réalise l'essentiel des tâches.
2	COMPÉTENCE PEU DÉVELOPPÉE	L'élève mobilise certaines ressources lorsqu'il est guidé : il réalise les tâches avec difficulté.
1	COMPÉTENCE TRÈS PEU DÉVELOPPÉE	L'élève mobilise peu de ressources : il réalise partiellement les tâches ou les réalise avec une aide soutenue.

* Ressources : la rubrique *Contenu de formation* de chaque programme disciplinaire « renferme le répertoire des savoirs indispensables au développement et à l'exercice de la compétence. [...] Ce répertoire comporte des éléments relatifs aux notions et concepts, aux méthodes, aux stratégies, aux processus ou aux techniques de même qu'aux attitudes ». (Voir Programme de formation, chap. 4, p. 29.)

Le contenu des échelles est en concordance avec celui du Programme de formation, sans toutefois constituer une répétition de ce dernier. En effet, il ne s'agit pas de définir les objets d'apprentissage, mais plutôt de proposer des repères qui permettent de baliser le jugement qui doit être porté sur les compétences à la fin de chacune des années du 2^e cycle du secondaire.

Généralement, chaque niveau présente une description de manifestations concrètes jugées typiques des élèves qui l'ont atteint. Perçue dans sa globalité, cette description implique que des choix ont nécessairement été faits afin de ne retenir que certains aspects révélateurs de ce niveau de compétence. La fonction de cette description est donc de fournir une représentation générale du niveau de compétence et non de proposer une liste exhaustive d'éléments à vérifier. À ce titre, les descriptions des niveaux de compétence se présentent comme des paragraphes structurés et portent autant sur le processus ou les démarches adoptées par l'élève que sur les résultats auxquels il parvient.

Il est à noter que les niveaux ont un caractère inclusif. Ainsi, un aspect de la compétence qui est jugé acquis à un niveau donné l'est de manière implicite dans les descriptions des niveaux supérieurs.



Particularité du niveau 1

La diversité des manifestations possibles d'une compétence très peu développée rend difficile la description d'un portrait-type du niveau 1. En fait, le niveau 1 des échelles est attribué à l'élève n'ayant pas atteint le niveau 2. La description du niveau 1 est donc souvent brève et mentionne habituellement que l'élève a besoin d'une aide soutenue pour réaliser les tâches qui lui sont proposées.

Compétences transversales

Les descriptions qui présentent les échelles des niveaux de compétence tiennent compte des compétences transversales, car le développement de ces dernières est étroitement lié à celui des compétences disciplinaires. La présence d'éléments pouvant être associés aux compétences transversales, particulièrement aux niveaux supérieurs des échelles disciplinaires, montre l'importance qu'on leur accorde à l'égard de la réussite des élèves et accentue le fait que celles-ci doivent faire l'objet d'interventions planifiées.

Les caractéristiques des échelles du 2^e cycle du secondaire

Les échelles des niveaux de compétence du 2^e cycle du secondaire ont été conçues en continuité avec celles du 1^{er} cycle. Cependant, celles du 2^e cycle ont des caractéristiques qui leur sont propres, car un bilan des apprentissages doit être réalisé à la fin de chacune des années. Dans ce contexte, le Programme de formation présente des indications pour chaque compétence, à l'intérieur de la rubrique *Développement de la compétence*, ce qui permet de planifier l'apprentissage et l'évaluation pour chacune des années. L'introduction de chacune des échelles reprend les éléments de cette rubrique en insistant sur ceux qui ont une incidence sur la réalisation du bilan des apprentissages.

L'utilisation des échelles

Le bilan des apprentissages ne résulte pas d'un calcul arithmétique réalisé à partir des résultats enregistrés en cours de cycle, mais d'un jugement porté sur la compétence de l'élève, c'est-à-dire sur sa capacité à mobiliser et à utiliser efficacement les ressources prévues au Programme de formation (notions et concepts, méthodes, stratégies, processus, techniques, attitudes). L'analyse des observations recueillies permet de juger de la compétence de l'élève et de l'associer à l'un des niveaux de l'échelle. Rappelons qu'il s'agit d'un jugement global, les échelles n'étant pas conçues pour être utilisées de façon analytique : il faut donc éviter de faire une association point par point entre les traces consignées et chacun des énoncés d'un niveau.

En effet, comme les descriptions retenues dans les échelles sont relativement brèves, elles ne sauraient présenter tous les aspects dont il faut tenir compte pour porter un jugement sur une compétence donnée. Ainsi, différents outils d'évaluation (grilles d'appréciation, listes de vérification, etc.) sont nécessaires pour recueillir des informations plus spécifiques et plus complètes afin de donner une rétroaction à l'élève en cours d'apprentissage et pour fonder le jugement de l'enseignant. Puisque ce jugement doit s'appuyer sur des traces pertinentes et suffisantes qui témoignent du niveau de compétence atteint, il est nécessaire que ces traces soient consignées afin que les enseignants puissent s'y reporter au besoin.

Il serait important que les élèves qui risquent de ne pas dépasser les niveaux inférieurs de l'échelle (1 et 2) soient dépistés dès que possible afin qu'ils puissent bénéficier de mesures de soutien appropriées. Un diagnostic pédagogique et des propositions de mesures de soutien pourraient alors accompagner le bilan des apprentissages de ces élèves (par exemple, à l'intérieur d'un plan d'intervention).

Par souci de transparence, les enseignants sont invités à expliquer les échelles aux élèves et à leurs parents afin de s'assurer qu'ils comprennent les descriptions des niveaux de compétence et la manière dont ces échelles seront utilisées.

PRINCIPALES PRATIQUES À METTRE EN PLACE POUR RÉALISER LE BILAN DES APPRENTISSAGES

- Offrir aux élèves des occasions fréquentes et variées de développer et de démontrer leurs compétences.
- Présenter les échelles et leur fonction aux élèves et à leurs parents.
- Consigner en nombre suffisant des traces représentatives des apprentissages réalisés par les élèves.
- Associer globalement la compétence d'un élève à un des niveaux de l'échelle, sans faire une association point par point entre les observations consignées et chacun des énoncés d'un niveau.
- Communiquer, au besoin, des informations plus détaillées pour certains élèves, notamment ceux pour lesquels un plan d'intervention est établi.

Deuxième partie : Les échelles

1. Science et technologie

Science et technologie de l'environnement

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de démontrer sa compétence à chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique, conformément aux exigences du Programme de formation et plus particulièrement aux indications de la rubrique *Développement de la compétence*.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- s'engage dans des résolutions de problèmes faisant appel à une démarche expérimentale ou de conception;
- fasse appel à des manipulations et à des démarches de modélisation et d'observation, de même qu'à des démarches empiriques dans certains cas.

Les descriptions des niveaux de compétence étant identiques pour la 3^e et la 4^e année du secondaire, il est important de se référer aux caractéristiques suivantes pour faire en sorte que l'évaluation tienne compte de l'année du cycle.

En 3^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de cerner un problème bien circonscrit (la plupart des sous-tâches sont indiquées à l'élève);
- de mobiliser des concepts associés au thème *L'humain, un organisme vivant*;
- de se donner une compréhension qualitative des concepts;
- d'effectuer une sélection parmi un nombre suffisant de ressources;
- de faire appel aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- d'avoir accès à du soutien pour contrôler des variables;
- d'effectuer des retours réflexifs dirigés.

En 4^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de cerner un problème peu circonscrit (les sous-tâches ne sont pas toutes indiquées à l'élève);
- de mobiliser des concepts associés aux problématiques environnementales à l'étude;
- de traiter des concepts de manière qualitative et quantitative;
- de rechercher des ressources supplémentaires pour résoudre le problème;
- de justifier le choix des démarches, des stratégies ou des techniques appropriées;
- de contrôler les variables de façon autonome;
- d'effectuer des retours réflexifs, individuellement ou en équipe.

Pour le cours optionnel de science et technologie de l'environnement, les situations devraient en outre permettre à l'élève :

- de traiter le plus souvent possible des concepts de manière quantitative;
- de démontrer de la rigueur;
- d'utiliser le formalisme mathématique et de prendre en compte les erreurs liées à la mesure;
- de développer des attitudes associées à l'efficacité et à l'efficience.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

5

Compétence marquée

Traduit clairement et de façon complète le problème à résoudre ou le besoin à satisfaire. Formule des hypothèses ou des pistes de solution qu'il justifie en s'appuyant sur les concepts appropriés. Dans l'élaboration de son plan d'action, prévoit le contrôle des variables ayant une incidence sur les résultats. Présente un plan d'action efficient. Propose des réponses ou des solutions complètes. Justifie, à l'aide des résultats obtenus, les modifications à apporter à son plan d'action.

4

Compétence assurée

Sélectionne les informations pertinentes liées au problème à résoudre ou au besoin à satisfaire. Formule des hypothèses vraisemblables ou des pistes de solution réalistes, qui respectent les contraintes du problème et les conditions de réalisation relatives à sa résolution. Planifie chacune des étapes de son plan d'action en prévoyant le contrôle de variables susceptibles d'influer sur ses résultats. Durant la mise en œuvre de son plan d'action, consigne les éléments nécessaires à l'élaboration de ses réponses ou de ses solutions et se réajuste au besoin. Recueille des données valables en utilisant correctement les outils et les instruments choisis. En science, vérifie la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats obtenus. En technologie, s'assure que sa solution répond au besoin identifié ou aux exigences du cahier des charges. Propose des réponses ou des solutions appropriées, qui tiennent compte de ses résultats ou de ses essais. Suggère, au besoin, des améliorations à apporter à son plan d'action.

De plus, pour le cours optionnel de science et technologie de l'environnement :

Tient compte des erreurs liées aux mesures lors de la prise de données et du traitement de ses résultats. Traite ses résultats et recourt au formalisme mathématique requis pour appuyer son raisonnement.

3

Compétence acceptable

Relève des éléments du problème à résoudre ou du besoin à satisfaire. Formule des hypothèses ou des pistes de solution qui tiennent compte de certaines contraintes du problème. Propose un plan d'action sommaire en identifiant des variables susceptibles d'influer sur les résultats. Travaille de façon sécuritaire pour lui et pour les autres. Présente des éléments provenant de la collecte de données et un parcours qui respecte les étapes planifiées. En science, établit des liens entre l'hypothèse et l'analyse des résultats. En technologie, propose une solution en relation avec ses essais, répondant partiellement au besoin identifié ou aux exigences du cahier des charges. Propose des réponses ou des solutions qui sont généralement en relation avec ses résultats ou ses essais. Rend compte des résultats obtenus ou des essais effectués sans suggérer d'améliorations.

De plus, pour le cours optionnel de science et technologie de l'environnement :

Recourt au formalisme mathématique requis en commettant des erreurs mineures (ex. : erreur de conversion des unités de mesure).

2

Compétence peu développée

Formule des suppositions plus ou moins reliées au problème à résoudre ou au besoin à satisfaire. Propose un plan d'action incomplet en identifiant des variables peu ou pas pertinentes. Décrit, dans les traces de sa démarche, certaines étapes réalisées ou certains aspects de sa solution. Présente les résultats obtenus et propose des réponses ou des solutions sans vérifier si elles ont un lien avec ses résultats ou avec le problème.

1

Compétence très peu développée

Retranscrit des éléments du problème ou du cahier des charges. Entreprind une action sans établir de plan. Selon le matériel mis à sa disposition, reproduit des manipulations familières, reliées ou non au problème à résoudre. Énumère quelques actions réalisées. Présente les résultats obtenus sans proposer d'explications ou de solutions reliées au problème.

SCIENCE ET TECHNOLOGIE, SCIENCE ET TECHNOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT

Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques, conformément aux exigences du Programme de formation et plus particulièrement aux indications de la rubrique *Développement de la compétence*.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- acquière et utilise des connaissances scientifiques et technologiques;
- soit mis en contact avec différentes stratégies pédagogiques utilisées dans le cadre d'une résolution de problème (ex. : approche par problème, étude de cas, controverse, projet);
- développe une approche réflexive en prenant du recul à l'égard de sa démarche;
- analyse des données ou des informations pour poursuivre le développement de ses habiletés cognitives dans des situations de plus en plus complexes.

Les descriptions des niveaux de compétence étant identiques pour la 3^e et la 4^e année du secondaire, il est important de se référer aux caractéristiques suivantes pour faire en sorte que l'évaluation tienne compte de l'année du cycle.

En 3^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de se trouver face à un nombre limité d'aspects et de points de vue liés à la problématique;
- de mobiliser des concepts associés au thème *L'humain, un organisme vivant*;
- de se donner une compréhension qualitative des concepts;
- d'effectuer une sélection parmi un nombre suffisant de ressources;
- de faire appel aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- d'être accompagné pour construire son opinion;
- d'effectuer des retours réflexifs dirigés.

En 4^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de se trouver face à plusieurs aspects et points de vue liés à la problématique;
- de mobiliser des concepts associés aux problématiques environnementales à l'étude;
- de traiter des concepts de manière qualitative et quantitative;
- de rechercher des ressources supplémentaires pour résoudre la problématique;
- de justifier le choix des démarches, des stratégies ou des techniques;
- de construire son opinion de façon autonome;
- d'effectuer des retours réflexifs, individuellement ou en équipe.

Pour le cours optionnel de science et technologie de l'environnement, les situations devraient en outre permettre à l'élève :

- de recourir au formalisme mathématique lorsque la situation s'y prête;
- de recourir à une argumentation riche et variée dans sa construction d'opinion;
- de développer des attitudes associées à l'efficacité et à l'efficience.

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

5

Compétence marquée

Justifie son explication, sa solution ou son opinion provisoire à l'aide de principes scientifiques ou technologiques connus. Démontre une maîtrise dans l'application des concepts requis. Propose des améliorations relatives au choix des matériaux ou au procédé de fabrication de l'objet technique ou du système technologique. Produit des explications, justifie ses solutions ou défend ses opinions en s'appuyant sur des principes scientifiques ou technologiques établis. Enrichit ses explications à l'aide du formalisme mathématique. Au terme du processus, indique des retombées positives et négatives liées à la problématique.

4

Compétence assurée

Formule des questions ou propose une explication, une solution ou une opinion provisoire concernant les aspects essentiels liés à la problématique et à son contexte. Élabore, en mobilisant ses connaissances, ses démarches de résolution de problème. Dégage les principaux éléments constitutifs d'un objet technique, d'un système technologique ou d'un produit. Applique les concepts requis de façon appropriée. Décrit les principes de fonctionnement ou de construction d'un objet technique ou du système technologique et de ses principaux sous-systèmes et mécanismes. Recourt au formalisme mathématique lorsque la situation s'y prête. Produit des explications ou des solutions adéquates en utilisant, parfois de façon implicite, les concepts, les lois, les théories et les modèles de la science et de la technologie. Justifie ses explications, ses solutions ou ses opinions en s'appuyant sur des principes scientifiques ou technologiques tirés d'informations obtenues de sources crédibles. Au terme du processus, indique des retombées réalistes liées à la problématique.

3

Compétence acceptable

Formule des questions ou propose une explication, une solution ou une opinion provisoire concernant en partie des aspects essentiels de la problématique. Détermine la fonction globale d'un objet technique, d'un système technologique ou d'un produit. Applique correctement quelques concepts requis. Décrit sommairement les principes de fonctionnement de l'objet technique ou du système technologique. Recourt à un formalisme mathématique en commettant des erreurs mineures (ex. : erreur de conversion des unités de mesure). Produit des explications ou des solutions partielles, liées à la problématique. Au terme du processus, indique des retombées accessoires à la problématique.

2

Compétence peu développée

Formule des questions axées principalement sur des éléments accessoires. Propose une explication, une solution ou une opinion provisoire, sans fondement. Mentionne des concepts liés à la problématique. Nomme certains principes de fonctionnement d'un objet technique, d'un système technologique ou d'un produit. Au terme du processus, produit une ébauche d'explication ou de solution.

1

Compétence très peu développée

Retranscrit des informations liées à la problématique. Attribue un usage peu approprié à un objet technique, à un système technologique ou à un produit. Au terme du processus, émet des opinions injustifiées.

SCIENCE ET TECHNOLOGIE, SCIENCE ET TECHNOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT

Compétence 3 : Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie, conformément aux exigences du Programme de formation et plus particulièrement aux indications de la rubrique *Développement de la compétence*.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- choisisse un mode de représentation approprié;
- utilise, à l'oral comme à l'écrit, un vocabulaire scientifique et technologique adéquat;
- établisse des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques.

Les descriptions des niveaux de compétence étant identiques pour la 3^e et la 4^e année du secondaire, il est important de se référer aux caractéristiques suivantes pour faire en sorte que l'évaluation tienne compte de l'année du cycle.

En 3^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de bénéficier d'indications liées à l'analyse, à la production ou à la transmission du message;
- de mobiliser des concepts associés au thème *L'humain, un organisme vivant*;
- de se donner une compréhension qualitative des concepts;
- d'effectuer une sélection parmi un nombre suffisant de ressources;
- de faire appel aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- d'effectuer des retours réflexifs dirigés.

En 4^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de bénéficier d'un nombre limité d'indications liées à l'analyse, à la production ou à la transmission du message;
- de mobiliser des concepts associés aux problématiques environnementales à l'étude;
- de traiter des concepts de manière qualitative et quantitative;
- de faire appel à des ressources supplémentaires;
- de justifier le choix des démarches, des stratégies ou des techniques;
- d'effectuer des retours réflexifs individuellement ou en équipe.

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

5

Compétence marquée

Rehausse la qualité de la communication en faisant appel à des éléments complémentaires. Interprète avec exactitude l'information contenue dans le message. Vulgarise son message de façon à en faciliter la compréhension et l'interprétation. Choisit et utilise des modes de représentation efficaces. Organise les informations recueillies sous des formes facilitant leur traitement ou leur interprétation.

4

Compétence assurée

Sélectionne les éléments appropriés à la réalisation de la tâche. Choisit et utilise des sources d'information variées et crédibles. Organise correctement les éléments de son message, l'adapte aux destinataires et le transmet clairement. Utilise une terminologie conforme aux règles et aux conventions en usage. Choisit et utilise des modes de représentation appropriés en faisant appel, au besoin, aux technologies de l'information et de la communication pour présenter des données sous forme de tableaux, de graphiques ou de schémas.

3

Compétence acceptable

Sélectionne une partie des données parmi celles qui sont contenues dans le message. Utilise des sources d'information dont la crédibilité peut varier. Organise et adapte partiellement des éléments de son message. Produit un message qui respecte la propriété intellectuelle. Emploie, pour les concepts les plus simples, une terminologie qui respecte les règles et les conventions. Choisit et utilise des modes de représentation acceptables pour présenter des données.

2

Compétence peu développée

Produit un message en juxtaposant des éléments, sans l'adapter aux destinataires. Utilise un vocabulaire élémentaire ou des modes de représentation qui respectent peu les règles et les conventions.

1

Compétence très peu développée

Transcrit des données contenues dans le message à interpréter. Omet de citer les sources d'information consultées. Présente un nombre restreint d'éléments, ce qui rend difficile la compréhension du message. Utilise un vocabulaire familier ou des modes de représentation sans se soucier des règles et des conventions.

2. Applications technologiques et scientifiques

APPLICATIONS TECHNOLOGIQUES ET SCIENTIFIQUES

Compétence 1 : Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de démontrer sa compétence à chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique, conformément aux exigences du Programme de formation et plus particulièrement aux indications de la rubrique *Développement de la compétence*.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- s'engage dans des résolutions de problèmes en faisant appel à une démarche expérimentale ou de conception;
- fasse appel à des manipulations et à des démarches de modélisation et d'observation, de même qu'à des démarches empiriques dans certains cas.

Les descriptions des niveaux de compétence étant identiques pour la 3^e et la 4^e année du secondaire, il est important de se référer aux caractéristiques suivantes pour faire en sorte que l'évaluation tienne compte de l'année du cycle.

En 3^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de cerner un problème bien circonscrit (la plupart des sous-tâches sont indiquées à l'élève);
- de mobiliser des concepts de la 3^e année du secondaire associés aux champs technologiques à l'étude;
- de se donner une compréhension qualitative des concepts;
- d'effectuer une sélection parmi un nombre suffisant de ressources;
- de faire appel aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- d'avoir accès à du soutien pour contrôler des variables;
- d'effectuer des retours réflexifs dirigés.

En 4^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de cerner un problème peu circonscrit (les sous-tâches ne sont pas toutes indiquées à l'élève);
- de mobiliser des concepts de la 4^e année du secondaire associés aux champs technologiques à l'étude;
- de traiter des concepts de manière qualitative et quantitative;
- de rechercher des ressources supplémentaires pour résoudre le problème;
- de justifier le choix des démarches, des stratégies ou des techniques;
- de contrôler les variables de façon autonome;
- d'effectuer des retours réflexifs, individuellement ou en équipe.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

5

Compétence marquée

Traduit clairement et de façon complète le problème à résoudre ou le besoin à satisfaire. Formule des hypothèses ou des pistes de solution qu'il justifie en s'appuyant sur les concepts appropriés. Dans l'élaboration de son plan d'action, prévoit le contrôle des variables ayant une incidence sur les résultats. Présente un plan d'action efficient. Propose des réponses ou des solutions complètes. Justifie, à l'aide des résultats obtenus, les modifications à apporter à son plan d'action.

4

Compétence assurée

Sélectionne les informations pertinentes liées au problème à résoudre ou au besoin à satisfaire. Formule des hypothèses vraisemblables ou des pistes de solution réalistes, qui respectent les contraintes du problème et les conditions de réalisation relatives à sa résolution. Planifie chacune des étapes de son plan d'action en prévoyant le contrôle de variables susceptibles d'influer sur ses résultats. Durant la mise en œuvre de son plan d'action, consigne les éléments nécessaires à l'élaboration de ses réponses ou de ses solutions et se réajuste au besoin. Recueille des données valables en utilisant correctement les outils et les instruments choisis. En science, vérifie la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats obtenus. En technologie, s'assure que sa solution répond au besoin identifié ou aux exigences du cahier des charges. Propose des réponses ou des solutions appropriées qui tiennent compte de ses résultats ou de ses essais. Suggère, au besoin, des améliorations à apporter à son plan d'action.

3

Compétence acceptable

Relève des éléments du problème à résoudre ou du besoin à satisfaire. Formule des hypothèses ou des pistes de solution qui tiennent compte de certaines contraintes du problème. Propose un plan d'action sommaire en identifiant des variables susceptibles d'influer sur les résultats. Travaille de façon sécuritaire pour lui et pour les autres. Présente des éléments provenant de la collecte de données et un parcours qui respecte les étapes planifiées. En science, établit des liens entre l'hypothèse et l'analyse des résultats. En technologie, propose une solution en relation avec ses essais, répondant partiellement au besoin identifié ou aux exigences du cahier des charges. Propose des réponses ou des solutions qui sont généralement en relation avec ses résultats ou ses essais. Rend compte des résultats obtenus ou des essais effectués sans suggérer d'améliorations.

2

Compétence peu développée

Formule des suppositions plus ou moins reliées au problème à résoudre ou au besoin à satisfaire. Propose un plan d'action incomplet en identifiant des variables peu ou pas pertinentes. Décrit, dans les traces de sa démarche, certaines étapes réalisées ou certains aspects de sa solution. Présente les résultats obtenus et propose des réponses ou des solutions sans vérifier si elles ont un lien avec ses résultats ou avec le problème.

1

Compétence très peu développée

Retranscrit des éléments du problème ou du cahier des charges. Entreprind une action sans établir de plan. Selon le matériel mis à sa disposition, reproduit des manipulations familières, reliées ou non au problème à résoudre. Énumère, dans les traces de sa démarche, quelques actions réalisées. Présente les résultats obtenus sans proposer d'explications ou de solutions reliées au problème.

APPLICATIONS TECHNOLOGIQUES ET SCIENTIFIQUES

Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques, conformément aux exigences du Programme de formation et plus particulièrement aux indications de la rubrique *Développement de la compétence*.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- acquière et utilise des connaissances scientifiques et technologiques;
- soit mis en contact avec différentes stratégies pédagogiques utilisées dans le cadre d'une résolution de problème (ex. : approche par problème, étude de cas, controverse, projet);
- développe une approche réflexive en prenant du recul à l'égard de sa démarche;
- analyse des données ou des informations pour poursuivre le développement de ses habiletés cognitives dans des situations de plus en plus complexes.

Les descriptions des niveaux de compétence étant identiques pour la 3^e et la 4^e année du secondaire, il est important de se référer aux caractéristiques suivantes pour faire en sorte que l'évaluation tienne compte de l'année du cycle.

En 3^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de se trouver face à un nombre limité d'aspects et de points de vue liés à l'application;
- d'analyser, d'entretenir ou de réparer des applications associées aux concepts de la troisième année du secondaire et aux champs technologiques à l'étude;
- de se donner une compréhension qualitative des concepts;
- d'effectuer une sélection parmi un nombre suffisant de ressources;
- de faire appel aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- d'avoir accès à du soutien pour contrôler l'état de fonctionnement d'un objet technique ou d'un système technologique;
- d'effectuer des retours réflexifs dirigés.

En 4^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de se trouver face à plusieurs aspects et points de vue liés à l'application;
- d'analyser, d'entretenir ou de réparer des applications associées aux concepts de la quatrième année du secondaire et aux champs technologiques à l'étude;
- de traiter des concepts de manière qualitative et quantitative;
- de rechercher des ressources supplémentaires, nécessaires à l'entretien ou à la réparation de l'objet ou du système;
- de justifier le choix des démarches, des stratégies ou des techniques;
- d'être autonome dans sa démarche de contrôle de l'état de fonctionnement d'un objet technique ou d'un système technologique;
- d'effectuer des retours réflexifs, individuellement ou en équipe.

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

5

Compétence marquée

Justifie son explication ou sa solution provisoire à l'aide de principes scientifiques ou technologiques connus. Démontre une maîtrise dans l'application des concepts requis. Propose des améliorations relatives au choix des matériaux ou au procédé de fabrication de l'application. Anticipe les impacts provoqués par les éléments défectueux sur le reste de l'application. Propose et réalise des interventions améliorant la performance de l'application. Propose des explications, justifie ses solutions ou ses interventions en s'appuyant sur des principes scientifiques ou technologiques établis. Enrichit ses explications à l'aide du formalisme mathématique. Au terme du processus, indique des retombées positives et négatives liées à l'application.

4

Compétence assurée

Formule des questions ou propose une explication ou une solution provisoire concernant les aspects essentiels liés à l'application et à son contexte. Élabore, en mobilisant ses connaissances, ses démarches de résolution de problème. Relève les conditions de fonctionnement d'un objet technique, d'un système technologique, d'un produit ou d'un procédé. Détermine la fonction globale et dégage les principaux éléments constitutifs d'une application. Applique les concepts requis de façon appropriée. Décrit les principes de fonctionnement ou de construction d'un objet technique ou d'un système technologique et de ses principaux sous-systèmes et mécanismes. Trouve les éléments défectueux de l'application. Propose ou réalise des interventions adéquates sur celle-ci. Recourt au formalisme mathématique lorsque le contexte de l'application s'y prête. Produit des explications ou des solutions adéquates en utilisant, parfois de façon implicite, les concepts, les lois, les théories et les modèles liés à l'application. Justifie ses explications, ses solutions ou ses interventions, en s'appuyant sur des principes scientifiques ou technologiques. Au terme du processus, indique des retombées réalistes liées à l'application.

3

Compétence acceptable

Formule des questions ou propose une explication ou une solution provisoire concernant en partie des aspects essentiels de l'application. Relève les conditions de fonctionnement les plus simples d'un objet technique, d'un système technologique, d'un produit ou d'un procédé. Détermine la fonction globale d'une application. Applique correctement quelques concepts requis. Décrit sommairement les principes de fonctionnement de l'application. Trouve les éléments défectueux de l'application lorsqu'ils sont évidents. Recourt à un formalisme mathématique en commettant des erreurs mineures (ex. : erreur de conversion des unités de mesure). Produit des explications ou des solutions partielles, liées à l'application. Au terme du processus, indique des retombées accessoires à l'application.

2

Compétence peu développée

Formule des questions axées principalement sur des éléments accessoires. Propose une explication ou une solution provisoire sans fondement. Mentionne des concepts liés à l'application. Nomme certains principes de fonctionnement d'un objet technique, d'un système technologique, d'un produit ou d'un procédé. Au terme du processus, produit une ébauche d'explication ou de solution.

1

Compétence très peu développée

Retranscrit des informations liées à l'application. Attribue un usage peu approprié à un objet technique, à un système technologique ou à un produit. Propose ou réalise des interventions inappropriées.

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie, conformément aux exigences du Programme de formation et plus particulièrement aux indications de la rubrique *Développement de la compétence*.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- choisisse un mode de représentation approprié;
- utilise, à l'oral comme à l'écrit, un vocabulaire scientifique et technologique adéquat;
- établisse des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques.

Les descriptions des niveaux de compétence étant identiques pour la 3^e et la 4^e année du secondaire, il est important de se référer aux caractéristiques suivantes pour faire en sorte que l'évaluation tienne compte de l'année du cycle.

En 3^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de bénéficier d'indications liées à l'analyse, à la production ou à la transmission du message;
- de mobiliser des concepts de la troisième année du secondaire associés aux champs technologiques à l'étude;
- de se donner une compréhension qualitative des concepts;
- d'effectuer une sélection parmi un nombre suffisant de ressources;
- de faire appel aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- d'effectuer des retours réflexifs dirigés.

En 4^e année du secondaire, les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de bénéficier d'un nombre limité d'indications liées à l'analyse, à la production ou à la transmission du message;
- de mobiliser des concepts associés aux problématiques environnementales à l'étude;
- de traiter des concepts de manière qualitative et quantitative;
- de faire appel à des ressources supplémentaires;
- de justifier le choix des démarches, des stratégies ou des techniques;
- d'effectuer des retours réflexifs individuellement ou en équipe.

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

5

Compétence marquée

Rehausse la qualité de la communication en faisant appel à des éléments complémentaires. Interprète avec exactitude l'information contenue dans le message. Vulgarise son message de façon à en faciliter la compréhension et l'interprétation. Choisit et utilise des modes de représentation efficaces. Organise les informations recueillies sous des formes facilitant leur traitement ou leur interprétation.

4

Compétence assurée

Sélectionne les éléments appropriés à la réalisation de la tâche. Choisit et utilise des sources d'information variées et crédibles. Organise correctement les éléments de son message, l'adapte aux destinataires et le transmet clairement. Utilise une terminologie conforme aux règles et aux conventions en usage. Choisit et utilise des modes de représentation appropriés en faisant appel, au besoin, aux technologies de l'information et de la communication pour présenter des données sous forme de tableaux, de graphiques ou de schémas.

3

Compétence acceptable

Sélectionne une partie des données parmi celles qui sont contenues dans le message. Utilise des sources d'information dont la crédibilité peut varier. Organise et adapte partiellement des éléments de son message. Produit un message qui respecte la propriété intellectuelle. Emploie, pour les concepts les plus simples, une terminologie qui respecte les règles et les conventions. Choisit et utilise des modes de représentation acceptables pour présenter des données.

2

Compétence peu développée

Produit un message en juxtaposant des éléments, sans l'adapter aux destinataires. Utilise un vocabulaire élémentaire ou des modes de représentation qui respectent peu les règles et les conventions.

1

Compétence très peu développée

Transcrit des données contenues dans le message à interpréter. Omet de citer les sources d'information consultées. Présente un nombre restreint d'éléments, ce qui rend difficile la compréhension du message. Utilise un vocabulaire familier ou des modes de représentation sans se soucier des règles et des conventions.

3. Science et environnement

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de démontrer sa compétence à chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique, conformément aux exigences du Programme de formation et plus particulièrement aux indications de la rubrique *Développement de la compétence*.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- s'engage dans des résolutions de problèmes faisant appel à une démarche expérimentale;
- fasse appel à des manipulations et à des démarches de modélisation et d'observation, de même qu'à des démarches empiriques dans certains cas.

Pour que le bilan des apprentissages reflète les caractéristiques propres à la quatrième année du secondaire et propres au programme optionnel de science et environnement, l'évaluation doit aussi respecter les particularités suivantes.

Les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de mobiliser des concepts associés aux problématiques environnementales à l'étude;
- de traiter le plus souvent possible des concepts de manière quantitative;
- d'utiliser le formalisme mathématique et de prendre en compte des erreurs liées à la mesure;
- de rechercher des ressources supplémentaires pour résoudre le problème;
- de justifier le choix des démarches, des stratégies ou des techniques;
- de démontrer de la rigueur;
- de contrôler les variables de façon autonome;
- de développer des attitudes associées à l'efficacité et à l'efficience;
- d'effectuer des retours réflexifs, individuellement ou en équipe.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique

5

Compétence marquée

Traduit clairement et de façon complète le problème à résoudre. Formule des hypothèses qu'il justifie en s'appuyant sur les concepts appropriés. Dans l'élaboration de son plan d'action, prévoit le contrôle des variables ayant une incidence sur les résultats. Présente un plan d'action efficient. Propose des réponses complètes. Justifie, à l'aide des résultats obtenus, les modifications à apporter à son plan d'action.

4

Compétence assurée

Sélectionne les informations pertinentes liées au problème à résoudre. Formule des hypothèses vraisemblables qui respectent les contraintes du problème et les conditions de réalisation relatives à sa résolution. Planifie chacune des étapes de son plan d'action en prévoyant le contrôle de variables susceptibles d'influer sur ses résultats. Durant la mise en œuvre de son plan d'action, consigne les éléments nécessaires à l'élaboration de ses réponses et se réajuste au besoin. Recueille des données valables en utilisant correctement les outils et les instruments choisis. Tient compte des erreurs liées aux mesures lors de la prise de données et du traitement de ses résultats. Traite ses résultats et recourt au formalisme mathématique requis pour appuyer son raisonnement. Vérifie la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats obtenus. Propose des réponses appropriées, qui tiennent compte de ses résultats. Suggère, au besoin, des améliorations à apporter à son plan d'action.

3

Compétence acceptable

Relève des éléments du problème à résoudre. Formule des hypothèses qui tiennent compte de certaines contraintes du problème. Propose un plan d'action sommaire en identifiant des variables susceptibles d'influer sur les résultats. Travaille de façon sécuritaire pour lui et pour les autres. Présente des éléments provenant de la collecte de données et un parcours qui respecte les étapes planifiées. Recourt au formalisme mathématique requis en commettant des erreurs mineures (ex. : erreur de conversion des unités de mesure). Établit des liens entre l'hypothèse et l'analyse des résultats. Propose des réponses qui sont généralement en relation avec ses résultats. Rend compte des résultats obtenus sans suggérer d'améliorations.

2

Compétence peu développée

Formule des suppositions plus ou moins reliées au problème à résoudre. Propose un plan d'action incomplet en identifiant des variables peu ou pas pertinentes. Décrit, dans les traces de sa démarche, certaines étapes réalisées. Présente les résultats obtenus et propose des réponses sans vérifier si elles ont un lien avec ses résultats ou avec le problème.

1

Compétence très peu développée

Retranscrit des éléments du problème. Entreprenne une action sans établir de plan. Selon le matériel mis à sa disposition, reproduit des manipulations familières, reliées ou non au problème à résoudre. Énumère, dans les traces de sa démarche, quelques actions réalisées. Présente les résultats obtenus sans proposer d'explications reliées au problème.

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de mettre à profit ses connaissances scientifiques, conformément aux exigences du Programme de formation et plus particulièrement aux indications de la rubrique *Développement de la compétence*.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- acquière et utilise des connaissances scientifiques;
- soit mis en contact avec différentes stratégies pédagogiques utilisées dans le cadre d'une résolution de problème (ex. : approche par problème, étude de cas, controverse, projet);
- développe une approche réflexive en prenant du recul à l'égard de sa démarche;
- analyse des données ou des informations pour poursuivre le développement de ses habiletés cognitives dans des situations de plus en plus complexes.

Pour que le bilan des apprentissages reflète les caractéristiques propres à la quatrième année du secondaire et propres au programme optionnel de science et environnement, l'évaluation doit aussi respecter les particularités suivantes.

Les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de se trouver face à plusieurs aspects et points de vue liés à la problématique;
- de mobiliser des concepts associés aux problématiques environnementales à l'étude;
- de traiter le plus souvent possible des concepts de manière quantitative;
- de recourir au formalisme mathématique lorsque la situation s'y prête;
- de rechercher des ressources supplémentaires, pour résoudre la problématique;
- de justifier le choix des démarches, des stratégies ou des techniques;
- de construire son opinion de façon autonome, à l'aide d'une argumentation riche et variée;
- de développer des attitudes associées à l'efficacité et à l'efficience;
- d'effectuer des retours réflexifs, individuellement ou en équipe.

Mettre à profit ses connaissances scientifiques

5

Compétence marquée

Justifie son explication ou son opinion provisoire à l'aide de principes scientifiques connus. Démonstre une maîtrise dans l'application des concepts requis. Produit des explications ou défend ses opinions en s'appuyant sur des principes scientifiques établis. Enrichit ses explications à l'aide du formalisme mathématique. Au terme du processus, indique des retombées positives et négatives liées à la problématique.

4

Compétence assurée

Formule des questions ou propose une explication ou émet une opinion provisoire concernant les aspects essentiels liés à la problématique et à son contexte. Élabore, en mobilisant ses connaissances, ses démarches de résolution de problème. Applique les concepts requis de façon appropriée. Recourt au formalisme mathématique lorsque la situation s'y prête. Produit des explications adéquates en utilisant, parfois de façon implicite, les concepts, les lois, les théories et les modèles de la science et de la technologie. Justifie ses explications ou ses opinions en s'appuyant sur des principes scientifiques tirés d'informations obtenues de sources crédibles. Au terme du processus, indique des retombées réalistes liées à la problématique.

3

Compétence acceptable

Formule des questions ou propose une explication ou émet une opinion provisoire concernant en partie des aspects essentiels de la problématique. Applique correctement quelques concepts requis. Recourt à un formalisme mathématique en commettant des erreurs mineures (ex. : erreur de conversion des unités de mesure). Produit des explications partielles, liées à la problématique. Au terme du processus, indique des retombées accessoires à la problématique.

2

Compétence peu développée

Formule des questions axées principalement sur des éléments accessoires. Propose une explication ou émet une opinion provisoire, sans fondement. Mentionne des concepts liés à la problématique. Au terme du processus, produit une ébauche d'explication.

1

Compétence très peu développée

Retranscrit des informations liées à la problématique. Au terme du processus, émet des opinions injustifiées.

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de communiquer à l'aide du langage scientifique, conformément aux exigences du Programme de formation et plus particulièrement aux indications de la rubrique *Développement de la compétence*.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- choisisse un mode de représentation approprié;
- établisse des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques.

Pour que le bilan des apprentissages reflète les caractéristiques propres à la quatrième année du secondaire et propres au programme optionnel de science et environnement, l'évaluation doit aussi respecter les particularités suivantes.

Les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de bénéficier d'un nombre limité d'indications liées à l'analyse, à la production ou à la transmission du message;
- de mobiliser des concepts associés aux problématiques environnementales à l'étude;
- de traiter des concepts de manière qualitative et quantitative;
- de faire appel à des ressources supplémentaires;
- de justifier le choix des démarches, des stratégies ou des techniques;
- d'effectuer des retours réflexifs individuellement ou en équipe.

Communiquer à l'aide du langage scientifique

5

Compétence marquée

Rehausse la qualité de la communication en faisant appel à des éléments complémentaires. Interprète avec exactitude l'information contenue dans le message. Vulgarise son message de façon à en faciliter la compréhension et l'interprétation. Choisit et utilise des modes de représentation efficaces. Organise les informations recueillies sous des formes facilitant leur traitement ou leur interprétation.

4

Compétence assurée

Sélectionne les éléments appropriés à la réalisation de la tâche. Choisit et utilise des sources d'information variées et crédibles. Organise correctement les éléments de son message, l'adapte aux destinataires et le transmet clairement. Utilise une terminologie conforme aux règles et aux conventions en usage. Choisit et utilise des modes de représentation appropriés en faisant appel, au besoin, aux technologies de l'information et de la communication pour présenter des données sous forme de tableaux, de graphiques ou de schémas.

3

Compétence acceptable

Sélectionne une partie des données parmi celles qui sont contenues dans le message. Utilise des sources d'information dont la crédibilité peut varier. Organise et adapte partiellement des éléments de son message. Produit un message qui respecte la propriété intellectuelle. Emploie, pour les concepts les plus simples, une terminologie qui respecte les règles et les conventions. Choisit et utilise des modes de représentation acceptables pour présenter des données.

2

Compétence peu développée

Produit un message en juxtaposant des éléments, sans l'adapter aux destinataires. Utilise un vocabulaire élémentaire ou des modes de représentation qui respectent peu les règles et les conventions.

1

Compétence très peu développée

Transcrit des données contenues dans le message à interpréter. Omet de citer les sources d'information consultées. Présente un nombre restreint d'éléments, ce qui rend difficile la compréhension du message. Utilise un vocabulaire familier ou des modes de représentation sans se soucier des règles et des conventions.

5. Chimie

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de démontrer sa compétence à chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie, conformément aux exigences du Programme de formation.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- s'engage dans des résolutions de problèmes faisant surtout appel à la démarche expérimentale et aussi à des démarches de modélisation et d'observation, de même qu'à des démarches empiriques dans certains cas.

Les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de faire appel à la méthodologie utilisée en science pour résoudre des problèmes qui mettent l'accent sur des aspects pratiques;
- de mobiliser des notions associées aux concepts généraux : les gaz, l'aspect énergétique des transformations, la vitesse de réaction et l'équilibre chimique;
- de dépasser la simple application de formules connues;
- de traiter des concepts de manière qualitative ou quantitative, selon le contexte;
- de faire appel au formalisme mathématique et de tenir compte des erreurs liées aux mesures;
- de recourir aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- d'effectuer des retours réflexifs individuellement ou en équipe.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie

5

Compétence marquée

Traduit clairement et de façon complète le problème à résoudre. Formule des questions, des explications ou des hypothèses qu'il justifie en s'appuyant sur les concepts appropriés. Dans l'élaboration de son plan d'action, prévoit le contrôle des variables ayant une incidence sur les résultats. Présente un plan d'action efficient. Propose des réponses ou des solutions complètes. Justifie, à l'aide des résultats obtenus, les modifications à apporter à son plan d'action.

4

Compétence assurée

Sélectionne les informations pertinentes liées au problème à résoudre. Formule des questions, des explications ou des hypothèses vraisemblables qui respectent les contraintes du problème et les conditions relatives à sa résolution. Planifie chacune des étapes de son plan d'action en prévoyant le contrôle de variables susceptibles d'influer sur ses résultats. Durant la mise en œuvre de son plan d'action, consigne les éléments nécessaires à l'élaboration de ses réponses ou de ses solutions et se réajuste au besoin. Recueille des données valables en utilisant correctement les outils et les instruments choisis. Prend en considération l'incertitude et les erreurs liées aux mesures lors de la prise de données. Tient compte des chiffres significatifs lors de la présentation de ses résultats. Compare ses résultats aux valeurs théoriques admises, s'il y a lieu. Vérifie la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats obtenus. Propose des réponses ou des solutions appropriées qui tiennent compte de ses résultats. Traite ses résultats et appuie son raisonnement en recourant au formalisme mathématique requis. Suggère, au besoin, des améliorations à apporter à son plan d'action.

3

Compétence acceptable

Relève des éléments du problème à résoudre. Formule des questions, des explications ou des hypothèses qui tiennent compte de certaines contraintes du problème. Propose un plan d'action sommaire en identifiant des variables susceptibles d'influer sur les résultats. Travaille de façon sécuritaire pour lui et pour les autres. Présente des éléments provenant de la collecte de données et un parcours qui respecte les étapes planifiées. Propose des réponses ou des solutions qui sont généralement en relation avec ses résultats. Recourt au formalisme mathématique requis en commettant des erreurs mineures (ex. : erreur de conversion des unités de mesure). Rend compte des résultats obtenus sans suggérer d'améliorations.

2

Compétence peu développée

Formule des suppositions plus ou moins liées au problème à résoudre. Propose un plan d'action incomplet en identifiant des variables peu ou pas pertinentes. Décrit, dans les traces de sa démarche, certaines étapes réalisées ou certains aspects de sa solution. Présente les résultats obtenus et propose des réponses ou des solutions sans vérifier si elles ont un lien avec ses résultats ou avec le problème.

1

Compétence très peu développée

Retranscrit des éléments du problème. Entreprend une action sans établir de plan. Selon le matériel mis à sa disposition, reproduit des manipulations familières, liées ou non au problème à résoudre. Énumère quelques actions réalisées. Présente les résultats obtenus sans proposer d'explications ou de solutions liées au problème.

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de mettre à profit ses connaissances en chimie, conformément aux exigences du Programme de formation.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- acquière et utilise des connaissances en chimie;
- examine, comprenne et explique des phénomènes ou des applications en faisant appel aux concepts de chimie;
- fasse appel aux démarches d'analyse, d'observation, empirique et de modélisation;
- soit mis en contact avec différentes stratégies pédagogiques utilisées dans le cadre d'une résolution de problème (ex. : approche par problème, étude de cas, controverse, projet);
- développe une approche réflexive en prenant du recul à l'égard de sa démarche;
- analyse des données ou des informations pour poursuivre le développement de ses habiletés cognitives dans des situations de plus en plus complexes.

Les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- d'identifier les composantes scientifiques (concepts, lois, modèles, théories, principes) d'un problème ou d'une application;
- d'élaborer une explication provisoire;
- de mobiliser des notions associées aux concepts généraux : les gaz, l'aspect énergétique des transformations, la vitesse de réaction et l'équilibre chimique;
- de dépasser la simple application de formules connues;
- de traiter des concepts de manière qualitative ou quantitative, selon le contexte;
- de faire appel au formalisme mathématique;
- de recourir aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- d'effectuer des retours réflexifs individuellement ou en équipe.

Mettre à profit ses connaissances en chimie

5

Compétence marquée

Justifie son explication provisoire à l'aide de principes scientifiques ou technologiques connus. Démonstre une maîtrise dans l'application des concepts requis. Produit des explications cohérentes et complètes en s'appuyant sur des principes établis de chimie. Enrichit ses explications à l'aide du formalisme mathématique. Indique des répercussions possibles du phénomène ou de l'application dans d'autres situations.

4

Compétence assurée

Formule des questions ou propose une explication provisoire concernant les aspects essentiels du phénomène ou de l'application. Élabore, en mobilisant des principes scientifiques ou technologiques pertinents, ses démarches de résolution de problème. Applique les concepts requis de façon appropriée. Recourt au formalisme mathématique lorsque la situation s'y prête. Produit des explications adéquates en utilisant, parfois de façon implicite, les concepts, les lois, les théories et les modèles de la chimie. Justifie ses explications en s'appuyant sur des données exprimées, au besoin, à l'aide de chiffres significatifs tenant compte de l'incertitude qui s'y rattache.

3

Compétence acceptable

Formule des questions, ou propose une explication provisoire concernant en partie des aspects essentiels du phénomène ou de l'application. Applique correctement quelques concepts requis. Recourt à un formalisme mathématique en commettant des erreurs mineures (ex. : erreur de conversion des unités de mesure ou erreur de chiffres significatifs). Produit des explications partielles, liées au phénomène ou à l'application.

2

Compétence peu développée

Formule des questions axées principalement sur des éléments accessoires. Propose une explication provisoire, sans fondement. Mentionne des concepts liés au phénomène ou à l'application. Au terme du processus, produit une ébauche d'explication scientifique.

1

Compétence très peu développée

Retranscrit des informations liées au phénomène ou à l'application. Au terme du processus, produit une explication sans fondement scientifique.

CHIMIE

Compétence 3 : Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie, conformément aux exigences du Programme de formation.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- choisisse un mode de représentation approprié;
- utilise, à l'oral comme à l'écrit, un vocabulaire scientifique et technologique adéquat;
- établisse des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques.

Les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de mobiliser des notions associées aux concepts généraux : les gaz, l'aspect énergétique des transformations, la vitesse de réaction et l'équilibre chimique;
- de traiter des concepts de manière qualitative ou quantitative, selon le contexte;
- de recourir aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- de valider ses sources d'information (auteur, date, recherche croisée, etc.);
- d'effectuer des retours réflexifs individuellement ou en équipe.

Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

5

Compétence marquée

Rehausse la qualité de la communication en faisant appel à des éléments complémentaires. Interprète avec exactitude l'information contenue dans le message. Vulgarise son message de façon à en faciliter la compréhension et l'interprétation. Choisit et utilise des modes de représentation efficaces. Organise les informations recueillies sous des formes facilitant leur traitement ou leur interprétation.

4

Compétence assurée

Sélectionne les éléments appropriés à la réalisation de la tâche. Choisit et utilise des sources d'information variées et crédibles. Organise correctement les éléments de son message, l'adapte aux destinataires et le transmet clairement. Utilise une terminologie conforme aux règles et aux conventions en usage. Choisit et utilise des modes de représentation appropriés en faisant appel, au besoin, aux technologies de l'information et de la communication pour présenter des données sous forme de tableaux, de graphiques ou de schémas.

3

Compétence acceptable

Sélectionne une partie des données parmi celles qui sont contenues dans le message. Utilise des sources d'information dont la crédibilité peut varier. Organise et adapte partiellement des éléments de son message. Produit un message qui respecte la propriété intellectuelle. Emploie, pour les concepts les plus simples, une terminologie qui respecte les règles et les conventions. Choisit et utilise des modes de représentation acceptables pour présenter des données.

2

Compétence peu développée

Produit un message en juxtaposant des éléments, sans l'adapter aux destinataires. Utilise un vocabulaire élémentaire ou des modes de représentation qui respectent peu les règles et les conventions.

1

Compétence très peu développée

Transcrit des données contenues dans le message à interpréter. Omet de citer les sources d'information consultées. Présente un nombre restreint d'éléments, ce qui rend difficile la compréhension du message. Utilise un vocabulaire familier ou des modes de représentation sans se soucier des règles et des conventions.

6. Physique

PHYSIQUE

Compétence 1 : Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de démontrer sa compétence à chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique, conformément aux exigences du Programme de formation.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- s'engage dans des résolutions de problèmes faisant surtout appel à la démarche expérimentale et aussi à des démarches de modélisation et d'observation, de même qu'à des démarches empiriques dans certains cas.

Les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de faire appel à la méthodologie utilisée en science pour résoudre des problèmes qui mettent l'accent sur des aspects pratiques;
- de mobiliser des notions associées aux concepts généraux : la cinématique, la dynamique, la transformation de l'énergie et l'optique géométrique;
- de dépasser la simple application de formules connues;
- de traiter des concepts de manière qualitative ou quantitative, selon le contexte;
- de faire appel au formalisme mathématique et de tenir compte des erreurs liées aux mesures;
- de recourir aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- d'effectuer des retours réflexifs individuellement ou en équipe.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique

5

Compétence marquée

Traduit clairement et de façon complète le problème à résoudre. Formule des questions, des explications ou des hypothèses qu'il justifie en s'appuyant sur les concepts appropriés. Dans l'élaboration de son plan d'action, prévoit le contrôle des variables ayant une incidence sur les résultats. Présente un plan d'action efficient. Propose des réponses ou des solutions complètes. Justifie, à l'aide des résultats obtenus, les modifications à apporter à son plan d'action.

4

Compétence assurée

Sélectionne les informations pertinentes liées au problème à résoudre. Formule des questions, des explications ou des hypothèses vraisemblables, qui respectent les contraintes du problème et les conditions relatives à sa résolution. Planifie chacune des étapes de son plan d'action en prévoyant le contrôle de variables susceptibles d'influer sur ses résultats. Durant la mise en œuvre de son plan d'action, consigne les éléments nécessaires à l'élaboration de ses réponses ou de ses solutions et se réajuste au besoin. Recueille des données valables en utilisant correctement les outils et les instruments choisis. Prend en considération l'incertitude et les erreurs liées aux mesures lors de la prise de données. Tient compte des chiffres significatifs lors de la présentation de ses résultats. Compare ses résultats aux valeurs théoriques admises, s'il y a lieu. Vérifie la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats obtenus. Propose des réponses ou des solutions appropriées qui tiennent compte de ses résultats. Traite ses résultats et appuie son raisonnement en recourant au formalisme mathématique requis. Suggère, au besoin, des améliorations à apporter à son plan d'action.

3

Compétence acceptable

Relève des éléments du problème à résoudre. Formule des questions, des explications ou des hypothèses qui tiennent compte de certaines contraintes du problème. Propose un plan d'action sommaire en identifiant des variables susceptibles d'influer sur les résultats. Travaille de façon sécuritaire pour lui et pour les autres. Présente des éléments provenant de la collecte de données et un parcours qui respecte les étapes planifiées. Propose des réponses ou des solutions qui sont généralement en relation avec ses résultats. Recourt au formalisme mathématique requis en commettant des erreurs mineures (ex. : erreur de conversion des unités de mesure). Rend compte des résultats obtenus sans suggérer d'améliorations.

2

Compétence peu développée

Formule des suppositions plus ou moins liées au problème à résoudre. Propose un plan d'action incomplet en identifiant des variables peu ou pas pertinentes. Décrit, dans les traces de sa démarche, certaines étapes réalisées ou certains aspects de sa solution. Présente les résultats obtenus et propose des réponses ou des solutions sans vérifier si elles ont un lien avec ses résultats ou avec le problème.

1

Compétence très peu développée

Retranscrit des éléments du problème. Entreprend une action sans établir de plan. Selon le matériel mis à sa disposition, reproduit des manipulations familières, liées ou non au problème à résoudre. Énumère quelques actions réalisées. Présente les résultats obtenus sans proposer d'explications ou de solutions liées au problème.

PHYSIQUE

Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances en physique

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de mettre à profit ses connaissances en physique, conformément aux exigences du Programme de formation.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- acquière et utilise des connaissances en physique;
- examine, comprenne et explique des phénomènes ou des applications en faisant appel aux concepts de physique ;
- fasse appel aux démarches d'analyse, d'observation, empirique et de modélisation;
- soit mis en contact avec différentes stratégies pédagogiques utilisées dans le cadre d'une résolution de problème (ex. : approche par problème, étude de cas, controverse, projet);
- développe une approche réflexive en prenant du recul à l'égard de sa démarche;
- analyse des données ou des informations pour poursuivre le développement de ses habiletés cognitives dans des situations de plus en plus complexes.

Les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- d'identifier les composantes scientifiques (concepts, lois, modèles, théories, principes) d'un problème ou d'une application;
- d'élaborer une explication provisoire;
- de mobiliser des notions associées aux concepts généraux : la cinématique, la dynamique, la transformation de l'énergie et l'optique géométrique;
- de dépasser la simple application de formules connues;
- de traiter des concepts de manière qualitative ou quantitative, selon le contexte;
- de faire appel au formalisme mathématique;
- de recourir aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- d'effectuer des retours réflexifs individuellement ou en équipe.

Mettre à profit ses connaissances en physique

5

Compétence marquée

Justifie son explication provisoire à l'aide de principes scientifiques ou technologiques connus. Démonstre une maîtrise dans l'application des concepts requis. Produit des explications cohérentes et complètes en s'appuyant sur des principes établis de physique. Enrichit ses explications à l'aide du formalisme mathématique. Indique des répercussions possibles du phénomène ou de l'application dans d'autres situations.

4

Compétence assurée

Formule des questions ou propose une explication provisoire concernant les aspects essentiels du phénomène ou de l'application. Élabore, en mobilisant des principes scientifiques ou technologiques pertinents, ses démarches de résolution de problème. Applique les concepts requis de façon appropriée. Recourt au formalisme mathématique lorsque la situation s'y prête. Produit des explications adéquates en utilisant, parfois de façon implicite, les concepts, les lois, les théories et les modèles de la physique. Justifie ses explications en s'appuyant sur des données exprimées, au besoin, à l'aide de chiffres significatifs tenant compte de l'incertitude qui s'y rattache.

3

Compétence acceptable

Formule des questions, ou propose une explication provisoire concernant en partie des aspects essentiels du phénomène ou de l'application. Applique correctement quelques concepts requis. Recourt à un formalisme mathématique en commettant des erreurs mineures (ex. : erreur de conversion des unités de mesure ou erreur de chiffres significatifs). Produit des explications partielles, liées au phénomène ou à l'application.

2

Compétence peu développée

Formule des questions axées principalement sur des éléments accessoires. Propose une explication provisoire, sans fondement. Mentionne des concepts liés au phénomène ou à l'application. Au terme du processus, produit une ébauche d'explication scientifique.

1

Compétence très peu développée

Retranscrit des informations liées au phénomène ou à l'application. Au terme du processus, produit une explication sans fondement scientifique.

PHYSIQUE

Compétence 3 : Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Au 2^e cycle du secondaire, l'enseignant doit réaliser un bilan des apprentissages à la fin de chacune des années en situant sur l'échelle le niveau de compétence atteint par l'élève. Il s'assure d'avoir proposé à ce dernier des situations d'apprentissage et d'évaluation variées qui lui ont permis de communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie, conformément aux exigences du Programme de formation.

De façon générale, le contexte pédagogique devrait faire en sorte que l'élève :

- choisisse un mode de représentation approprié;
- utilise, à l'oral comme à l'écrit, un vocabulaire scientifique et technologique adéquat;
- établisse des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques.

Les situations à privilégier doivent notamment permettre à l'élève :

- de mobiliser des notions associées aux concepts généraux : la cinématique, la dynamique, la transformation de l'énergie et l'optique géométrique;
- de traiter des concepts de manière qualitative ou quantitative, selon le contexte;
- de recourir aux démarches, aux stratégies ou aux techniques appropriées;
- de valider ses sources d'information (auteur, date, recherche croisée, etc.);
- d'effectuer des retours réflexifs individuellement ou en équipe.

Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

5

Compétence marquée

Rehausse la qualité de la communication en faisant appel à des éléments complémentaires. Interprète avec exactitude l'information contenue dans le message. Vulgarise son message de façon à en faciliter la compréhension et l'interprétation. Choisit et utilise des modes de représentation efficaces. Organise les informations recueillies sous des formes facilitant leur traitement ou leur interprétation.

4

Compétence assurée

Sélectionne les éléments appropriés à la réalisation de la tâche. Choisit et utilise des sources d'information variées et crédibles. Organise correctement les éléments de son message, l'adapte aux destinataires et le transmet clairement. Utilise une terminologie conforme aux règles et aux conventions en usage. Choisit et utilise des modes de représentation appropriés en faisant appel, au besoin, aux technologies de l'information et de la communication pour présenter des données sous forme de tableaux, de graphiques ou de schémas.

3

Compétence acceptable

Sélectionne une partie des données parmi celles qui sont contenues dans le message. Utilise des sources d'information dont la crédibilité peut varier. Organise et adapte partiellement des éléments de son message. Produit un message qui respecte la propriété intellectuelle. Emploie, pour les concepts les plus simples, une terminologie qui respecte les règles et les conventions. Choisit et utilise des modes de représentation acceptables pour présenter des données.

2

Compétence peu développée

Produit un message en juxtaposant des éléments, sans l'adapter aux destinataires. Utilise un vocabulaire élémentaire ou des modes de représentation qui respectent peu les règles et les conventions.

1

Compétence très peu développée

Transcrit des données contenues dans le message à interpréter. Omet de citer les sources d'information consultées. Présente un nombre restreint d'éléments, ce qui rend difficile la compréhension du message. Utilise un vocabulaire familier ou des modes de représentation sans se soucier des règles et des conventions.

Applications technologiques et scientifiques



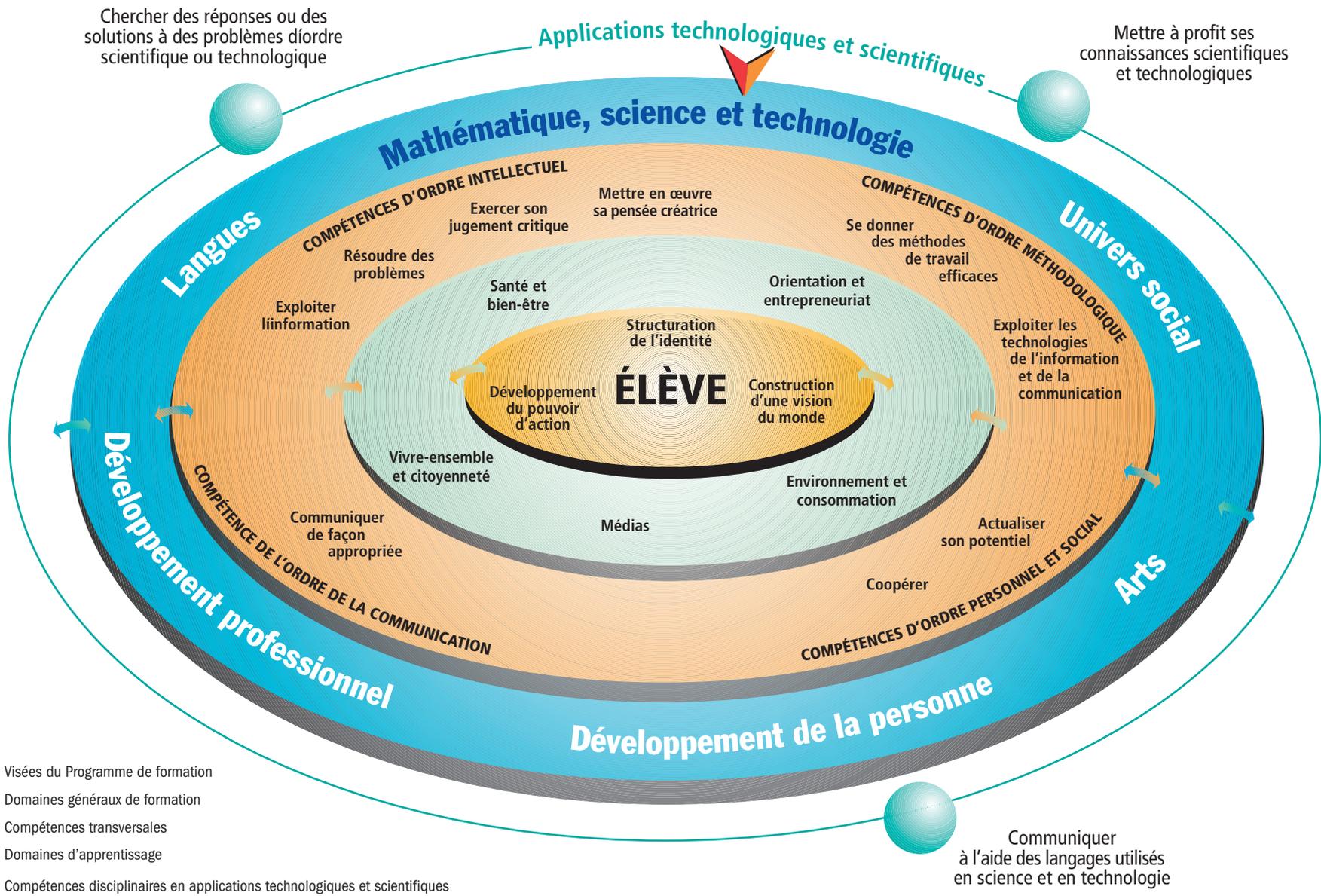
Table des matières

Présentation de la discipline	1
La vision de la science et de la technologie	1
La culture scientifique et technologique	2
Le programme	3
Relations entre le programme d'applications technologiques et scientifiques et les autres éléments du Programme de formation	5
Relations avec les domaines généraux de formation	5
Relations avec les compétences transversales	6
Relations avec les autres disciplines	7
Contexte pédagogique	9
Ressources pouvant être mises à profit	9
Rôle de l'enseignant	9
Rôle de l'élève	12
Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique	13
Sens de la compétence	13
Compétence 1 et ses composantes	15
Critères d'évaluation	15
Attentes de fin de cycle	15
Développement de la compétence	16
Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques	17
Sens de la compétence	17
Compétence 2 et ses composantes	19
Critères d'évaluation	19
Attentes de fin de cycle	19
Développement de la compétence	20

Applications technologiques et scientifiques

Compétence 3 Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	21
Sens de la compétence	21
Compétence 3 et ses composantes	23
Critères d'évaluation	23
Attentes de fin de cycle	23
Développement de la compétence	24
Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire ...	25
Applications liées aux principaux champs technologiques	26
Démarches, stratégies, attitudes et techniques	29
Concepts prescrits (première année du cycle)	34
Concepts prescrits (deuxième année du cycle)	50
Bibliographie	66
Annexe – Exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation	67

Apport du programme d'applications technologiques et scientifiques au Programme de formation



Présentation de la discipline

La science et la technologie jouent un rôle sans cesse grandissant dans nos vies et elles contribuent d'une façon déterminante à la transformation des sociétés. Leur influence est manifeste dans une multitude de réalisations omniprésentes dans notre environnement et les méthodologies qui les caractérisent, aussi bien que les connaissances qu'elles ont permis de générer, s'appliquent à de nombreuses sphères de l'activité humaine. Les applications qui en découlent influencent beaucoup notre mode de vie et concourent à la poursuite du développement des connaissances sur l'univers qui nous entoure.

Les activités scientifiques et technologiques s'inscrivent dans un contexte social et culturel et elles sont le fruit du travail d'une communauté qui construit de manière collective de nouveaux savoirs. En science et en technologie tout comme dans les autres domaines d'activité, l'évolution des connaissances ne se fait pas de façon linéaire et additive. Fortement marquées par les contextes sociétal et environnemental dans lesquels elles s'inscrivent, les connaissances scientifiques et technologiques avancent tantôt à petits pas, par approximations successives, tantôt par bonds. Elles connaissent parfois des périodes de stagnation auxquelles peuvent succéder des progressions spectaculaires.

L'émergence rapide des savoirs scientifiques et technologiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications exigent des individus qu'ils disposent non seulement d'un bagage de connaissances spécifiques de ces domaines, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'adapter aux contraintes du changement. Une telle adaptation nécessite de prendre du recul par rapport aux acquis, de comprendre la portée et les limites du savoir et d'en saisir les retombées. Cela suppose en outre la capacité à prendre une position critique à l'égard des questions d'ordre éthique soulevées par ces retombées.

1. Les champs technologiques sont présentés dans la section *Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire*.

La vision de la science et de la technologie

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers. Constituée d'un ensemble de théories, de connaissances, d'observations et de démarches, elle se caractérise notamment par la recherche de modèles intelligibles, les plus simples possible, pour rendre compte de la complexité du monde. Ces modèles peuvent par la suite être combinés à des modèles existants qui deviennent de plus en plus englobants. Les théories et les modèles sont ainsi constamment mis à l'épreuve, modifiés et réorganisés au fur et à mesure que de nouvelles connaissances se construisent.

Quant à la technologie, elle est plus particulièrement orientée vers l'action et l'intervention. Elle vise à soutenir l'activité humaine exercée sur l'environnement, dont l'être humain est lui-même partie intégrante. Elle touche plusieurs champs technologiques¹, dont les technologies médicales, les technologies agricoles et agro-alimentaires, les technologies de l'énergie, les technologies de l'information et de la communication, les technologies des transports, les technologies de production manufacturière et les technologies de la construction.

Le terme *technologie* désigne de fait une grande diversité de réalisations, qui vont des plus simples aux plus sophistiquées. Parmi celles-ci, on compte aussi bien des techniques et des procédés que des outils, des machines et des matériaux. La technologie tend vers la plus grande rigueur possible dans ses réalisations et elle s'alimente aux principes et aux concepts

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers.

La technologie, plus particulièrement orientée vers l'action et l'intervention, vise à soutenir l'activité humaine exercée sur l'environnement. Elle touche plusieurs champs technologiques.

élaborés par la science ou à ceux d'autres disciplines, selon les besoins auxquels elle cherche à répondre. Elle repose néanmoins sur des savoirs et des pratiques qui lui sont propres. Les préoccupations pragmatiques qui la caractérisent conduisent à la conception et à l'adoption de démarches spécifiques.

La science et la technologie sont de plus en plus marquées par leur interdépendance, au point que, dans un grand nombre de situations, on distingue difficilement la frontière qui les sépare.

La science et la technologie sont de plus en plus marquées par leur interdépendance, au point que, dans un grand nombre de situations, on distingue difficilement la frontière qui les sépare. Dans son effort pour comprendre le monde qui nous entoure, la science s'appuie fréquemment sur les développements de la technologie et sur ses réalisations concrètes. Réciproquement, lorsque la technologie s'efforce de répondre à un besoin par la réalisation d'objets techniques², de systèmes³, de produits⁴ ou par l'élaboration

de procédés⁵, elle tire profit des principes, des lois et des théories scientifiques, tout en leur offrant un champ d'application.

Il arrive aussi que les avancées technologiques précèdent les théories scientifiques qui en expliquent le fondement. On construisait depuis longtemps des boussoles quand parut la première étude moderne sur le magnétisme. Les premiers moteurs à explosion ont fonctionné sans l'aide de la thermodynamique tout comme les premiers avions ont volé sans l'aide de l'aérodynamique. La technologie devient même, dans ce cas, un champ extrêmement fécond d'exploration et de questionnement qui relance la théorisation. Cette complémentarité entre la science et la technologie existe également dans leur manière respective d'aborder le monde physique, tant du point de vue conceptuel que du point de vue pratique.

2. Par « objet technique », on entend un objet fabriqué par opposition à un objet naturel. Il s'agit d'un objet de construction simple qui a un but utilitaire. Par exemple : un marteau, une cuillère ou une pince à épiler.
3. Par « système », on entend un ensemble d'éléments, plus ou moins complexes, ordonnés et en interaction. Le système permet de répondre à un besoin déterminé. Par exemple : une bicyclette, un lave-vaisselle ou un système de chauffage et de ventilation.
4. Par « produit », on entend une substance qui résulte de transformations dues à des opérations humaines. Par exemple : un produit alimentaire ou un produit de beauté.
5. Par « procédé », on désigne les moyens et les méthodes utilisés pour faire quelque chose, pour obtenir un résultat. Par exemple : des procédés techniques, industriels ou de fabrication.

La culture scientifique et technologique

Parties intégrantes des sociétés qu'elles ont contribué à façonner, la science et la technologie occupent une part importante de l'héritage culturel et constituent un facteur déterminant de développement. Aussi importe-t-il d'amener les élèves à élargir graduellement leur culture scientifique et technologique, de leur faire prendre conscience du rôle qu'une telle culture peut jouer dans leur capacité à prendre des décisions éclairées et de leur faire découvrir le plaisir que l'on peut retirer de la science, de la technologie et de leurs applications.

Les activités scientifiques et technologiques sollicitent la curiosité, l'imagination, le désir d'explorer, le plaisir d'expérimenter et de découvrir tout autant que les connaissances et le besoin de comprendre, d'expliquer, de créer et d'exécuter. À ce titre, la science et la technologie ne sont pas l'apanage de quelques initiés. La curiosité à l'égard des phénomènes qui nous entourent ainsi que la fascination pour les inventions et l'innovation en science et en technologie nous interpellent tous à des degrés divers.

L'histoire de la science et de la technologie est partie prenante de cette culture et doit être mise à contribution. Elle permet de mettre en perspective les découvertes scientifiques de même que les innovations technologiques et d'enrichir la compréhension que l'on en a.

Diverses ressources peuvent être mises à profit. Les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ou plusieurs autres ressources communautaires constituent autant de sources où puiser pour accroître et enrichir sa culture scientifique et technologique.

Parties intégrantes des sociétés qu'elles ont contribué à façonner, la science et la technologie occupent une part importante de l'héritage culturel et constituent un facteur déterminant de développement.

Le programme

Le programme préconise un enseignement où la science et la technologie sont abordées selon quatre perspectives. La perspective démocratique se soucie plutôt de développer l'expertise citoyenne. La perspective humaniste vise le développement du potentiel intellectuel. La perspective que l'on qualifie de technocratique aborde l'enseignement sous l'angle de l'expertise scientifique tandis que la perspective utilitariste s'oriente vers l'utilisation de la science et de la technologie au quotidien. Le programme d'applications technologiques et scientifiques s'inscrit plus particulièrement dans les perspectives technocratique et utilitariste.

Ce programme regroupe en une seule discipline plusieurs champs disciplinaires, à savoir l'astronomie, la biologie, la chimie, la géologie, la physique et la technologie.

Ce programme regroupe en une seule discipline plusieurs champs disciplinaires, à savoir l'astronomie, la biologie, la chimie, la géologie, la physique et la technologie. Ce regroupement est notamment motivé par le besoin fréquent de faire appel aux contenus et aux méthodes de plusieurs de ces champs pour résoudre des problèmes ou pour explorer, sous toutes leurs facettes, les diverses applications de la science et de la technologie.

Dans le prolongement des programmes du primaire et du premier cycle du secondaire, il cible le développement des trois mêmes compétences :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique;
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques;
- Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Étroitement liées, ces compétences se rattachent à des dimensions complémentaires de la science et de la technologie : les aspects pratiques et méthodologiques; les aspects théoriques, sociohistoriques et environnementaux; et les aspects relatifs à la communication. Bien que les intentions globales qui en émergent soient sensiblement les mêmes qu'au primaire et qu'au premier cycle du secondaire, les exigences relatives à leur développement sont de plus en plus élevées et elles sont centrées sur la notion d'application.

La première compétence met l'accent sur la méthodologie utilisée en science et en technologie pour résoudre des problèmes. Elle est axée sur l'appropriation

de concepts et de stratégies au moyen de démarches où la manipulation occupe une place centrale.

L'élève est appelé à se poser des questions, à résoudre des problèmes et à trouver des solutions en observant, en manipulant, en mesurant, en expérimentant et en construisant, que ce soit dans un laboratoire, dans un atelier ou sur le terrain.

La deuxième compétence met l'accent sur le contrôle des objets ou des systèmes, sur la conceptualisation et sur le réinvestissement des apprentissages en applications technologiques et scientifiques, notamment dans des problématiques de la vie quotidienne. Elle implique aussi une réflexion sur la nature même des savoirs scientifiques et technologiques, leur évolution et leurs multiples retombées, particulièrement sur le plan sociétal et environnemental.

L'élève est amené à s'approprier les concepts qui permettent d'analyser et de comprendre le fonctionnement d'objets et de systèmes technologiques, d'en saisir les principes de construction et de procéder, quand cela est nécessaire, à leur entretien ou à leur réparation. Ces concepts sont abordés en tant qu'éléments utiles pour comprendre le monde et porter des jugements éclairés. Ils ne sont pas étudiés de manière isolée, mais dans leurs interrelations, en fonction des problèmes à résoudre ou des objets et systèmes à concevoir ou à analyser.

La troisième compétence fait appel aux divers langages propres à la discipline et essentiels au partage d'information, de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique ou technologique. Elle postule non seulement la connaissance d'une terminologie et d'un symbolisme spécialisés, mais aussi leur utilisation judicieuse, notamment par l'adaptation du discours aux interlocuteurs ciblés.

L'élève participe activement à des échanges en faisant appel aux langages propres à la science et à la technologie, conformément aux règles et aux conventions établies. Il construit son argumentation et exprime son point de vue.

Les trois compétences se développent et s'évaluent en interaction et non de manière isolée et séquentielle.

Les trois compétences se développent et s'évaluent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. L'appropriation des démarches utilisées en science et en technologie demande en effet que l'on connaisse et mobilise les concepts et les langages qui y correspondent. Elle s'effectue dans les divers contextes qui contribuent à leur donner sens et portée.

Ces compétences sont indissociables des objets d'étude privilégiés par le programme. Provenant de divers champs disciplinaires, ces éléments sont regroupés en quatre univers : l'univers technologique; l'univers vivant; l'univers matériel; et la Terre et l'espace. Ils sont tous en relation avec le concept d'application et les sept champs technologiques. Chacun d'eux, présenté dans la section *Contenu de formation*, fournit des ressources essentielles au développement des compétences.

Relations entre le programme d'applications technologiques et scientifiques et les autres éléments du Programme de formation

Le programme d'applications technologiques et scientifiques présente de nombreuses relations avec les autres éléments du Programme de formation, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales, le programme de mathématique et les autres domaines d'apprentissage.

Relations avec les domaines généraux de formation

Les problématiques associées aux domaines généraux de formation trouvent un écho important dans les enjeux et les défis liés aux découvertes et aux réalisations d'ordre scientifique ou technologique, plus particulièrement dans leurs répercussions sur la santé, le bien-être, l'environnement et l'économie.

Santé et bien-être

Les nombreuses interrogations liées à la santé, au bien-être et à la sexualité des adolescents bénéficient largement des savoirs acquis dans cette discipline. Ceux-ci contribuent de façon significative à l'exploitation de ce domaine général de formation, par exemple en offrant aux élèves la possibilité de mieux connaître leur corps et en les incitant à adopter de saines habitudes de vie. Songeons notamment aux principes biochimiques et énergétiques de la nutrition et des divers produits qui s'y rattachent, aux principes toxicologiques liés à la consommation de cigarettes ou aux principes biomécaniques relatifs à l'adoption d'une bonne posture. Quant aux développements dans le champ des technologies médicales, ils constituent autant de sujets susceptibles d'alimenter des situations d'apprentissage et d'évaluation.

Environnement et consommation

Les savoirs scientifiques et technologiques contribuent à sensibiliser les jeunes à des questions liées à leur environnement, comme l'exploitation des

ressources naturelles, les impacts de certaines réalisations humaines, la gestion des déchets, la richesse des différents milieux de vie, les enjeux éthiques associés aux biotechnologies, la complexité des changements climatiques et la biodiversité. Plusieurs avancées de la science et de la technologie ont entraîné des habitudes de consommation ayant des conséquences diverses sur l'environnement. Si l'on opte, par exemple, pour l'analyse d'une centrale hydroélectrique ou la conception d'une éolienne, on en étudiera les impacts d'ordre social, éthique, économique ou environnemental. Il convient aussi d'amener les élèves à prendre conscience de ces enjeux, à s'interroger sur leurs propres habitudes de consommation et à adopter un comportement responsable à cet égard.

Médias

Que ce soit pour s'informer, apprendre ou communiquer, les élèves ont recours aux différents médias qui sont déjà très présents dans leur quotidien. Dans leur quête d'information, ils apprennent à devenir critiques à l'égard des renseignements qu'ils obtiennent. Ils s'approprient le matériel et les codes de communication médiatiques; ils constatent graduellement l'influence des médias dans leur vie quotidienne et

dans la société. Ces ressources devraient être largement exploitées par l'enseignant. Les films, les journaux et la télévision traitent de sujets de nature scientifique ou technologique qui présentent de multiples liens possibles avec le quotidien des élèves. Par ailleurs, l'intérêt, voire l'engouement, pour plusieurs appareils permettant la diffusion de l'information, tels que la radio, la télévision, l'ordinateur, le téléphone cellulaire ou encore les satellites de communication, peut être exploité pour contextualiser les apprentissages et accroître la motivation des élèves.

Les domaines généraux de formation nomment les grands enjeux contemporains. Par leur manière spécifique d'aborder la réalité, les disciplines scolaires apportent un éclairage particulier sur ces enjeux, supportant ainsi le développement d'une vision du monde élargie.

Orientation et entrepreneuriat

Les diverses activités que les élèves sont appelés à réaliser dans le cadre de ce programme sont autant d'occasions de les amener à mieux comprendre le travail du scientifique ou du technologue et à s'y intéresser pour leur orientation personnelle.

Les champs technologiques étant liés à des secteurs professionnels, la conception ou l'étude des objets, des systèmes, des produits ou des procédés qui en sont issus aident les élèves à se familiariser avec différents secteurs. Ils peuvent ainsi prendre conscience de leurs aptitudes particulières, de leurs goûts et de leurs aspirations. Par ailleurs, les situations d'apprentissage et d'évaluation où les objets, les systèmes, les produits et les procédés occupent une place prépondérante se prêtent bien à la réalisation de projets. Par exemple, les élèves qui empruntent la *démarche industrielle* peuvent expérimenter la production en série d'objets et s'initier ainsi à différents rôles propres au monde de l'entreprise.

Vivre-ensemble et citoyenneté

La culture scientifique et technologique que les élèves acquièrent graduellement se traduit par de nouvelles représentations de certains enjeux sociétaux, ce qui peut améliorer la qualité de leur participation à la vie de la classe, de l'école ou de la société dans son ensemble. L'organisation d'une opération de récupération ou la tenue d'un atelier de remise en état d'objets ou de systèmes offrent des canevas de situations qui aident les élèves à faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable.

Relations avec les compétences transversales

L'appropriation d'une culture scientifique et technologique, telle qu'elle est proposée dans ce programme, s'opère par le développement des compétences disciplinaires qui font appel à l'ensemble des compétences transversales tout en permettant de les développer.

Les compétences transversales ne se construisent pas dans l'abstrait; elles prennent racine dans des contextes d'apprentissage spécifiques, le plus souvent disciplinaires.

Compétences transversales d'ordre intellectuel

Les compétences d'ordre intellectuel jouent un rôle de premier plan dans le développement et l'exercice des compétences en science et en technologie. Ainsi, la quête de réponses à des questions d'ordre scientifique ou la recherche de solutions à des problèmes d'ordre technologique exigent des élèves qu'ils exploitent l'information de façon judicieuse et se questionnent quant à la crédibilité des sources. Cela les amène aussi à développer des habiletés en matière de résolution de problèmes et à les adapter à la nature particulière de contextes divers. Considérer plus d'une manière de concevoir et de réaliser un objet technique ou un système, élaborer et mettre en œuvre un plan d'action pour résoudre un problème, tenir compte de positions divergentes au regard d'une problématique scientifique ou technologique représentent autant de façons de mettre en œuvre sa pensée créatrice.

La société actuelle n'est pas à l'abri de la présence des pseudo-sciences. Les élèves doivent donc apprendre à exercer leur jugement critique, entre autres lorsqu'ils analysent, même sommairement, certaines publicités, certains discours à prétention scientifique ou encore certaines retombées de la science et de la technologie. Il leur faut conserver une distance critique à l'égard des influences médiatiques, des pressions sociales de même que des idées reçues et faire la part des choses, notamment entre ce qui est validé par la communauté scientifique et ce qui ne l'est pas.

Compétences transversales d'ordre méthodologique

Le souci de rigueur associé aux diverses démarches propres à ce programme contraint les élèves à se donner des méthodes de travail efficaces. Ils apprennent aussi à respecter les normes et les conventions que nécessitent certaines de ces démarches.

L'essor des technologies de l'information et de la communication a largement contribué aux récentes avancées dans le monde de la science et de la technologie. Le fait que les élèves aient à recourir à divers outils technologiques (sondes connectées à des interfaces d'acquisition de données, dessin assisté

par ordinateur, logiciels de simulation, etc.) dans l'expérimentation et la résolution de problèmes scientifiques ou technologiques favorise le développement de leur compétence à exploiter les technologies de l'information et de la communication. La participation à une communauté virtuelle, par exemple se joindre à un forum de discussion ou à une visioconférence pour partager de l'information, échanger des données, recourir à des experts en ligne, communiquer les résultats de leur démarche et les confronter à ceux de leurs pairs est une autre façon de mettre cette compétence à profit et de la développer.

Compétences transversales d'ordre personnel et social

Lorsqu'ils considèrent des hypothèses ou des solutions, qu'ils passent de l'abstrait au concret ou de la décision à l'exécution, les élèves s'ouvrent à l'étendue des possibilités qui accompagnent l'action humaine. Ils envisagent une plus grande diversité d'options et acceptent de prendre des risques. Avec le temps, ils apprennent à se faire confiance, ils tirent profit de leurs erreurs et ils découvrent des moyens d'actualiser leur potentiel.

La réalité se laisse rarement cerner selon des logiques disciplinaires tranchées. C'est en reliant les divers champs de connaissance qu'on peut en saisir les multiples facettes.

Le développement des savoirs technologiques et scientifiques appelle par ailleurs à la coopération, puisqu'il repose largement sur le partage d'idées ou de points de vue, la validation par les pairs ou par des experts et la collaboration à diverses activités de recherche et d'expérimentation ou de conception et de fabrication.

Compétence transversale de l'ordre de la communication

L'appropriation de concepts et celle, indissociable, des langages propres à la science et à la technologie concourent au développement de la compétence des élèves à communiquer de façon appropriée. Les élèves doivent non seulement découvrir graduellement les codes et les conventions de ces langages, mais également apprendre à en exploiter les divers usages.

Relations avec les autres disciplines

Dans une perspective de formation intégrée, il importe de ne pas dissocier les apprentissages réalisés dans le programme d'applications technologiques et scientifiques de ceux qui sont réalisés dans d'autres domaines d'apprentis-

sage. Toute discipline se définit, en partie du moins, par le regard particulier qu'elle porte sur le monde. Elle peut dès lors s'enrichir de l'apport complémentaire d'autres disciplines et elle contribue à les enrichir à son tour.

Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie

La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique et technologique. D'une part, elle présente un ensemble de connaissances dans lequel la science et la technologie puisent abondamment. Ainsi, les élèves qui entreprennent une démarche scientifique ou technologique sont souvent amenés à mesurer, à dénombrer, à calculer des moyennes, à appliquer des notions de géométrie, à visualiser dans l'espace et à choisir divers modes de représentation. Dans la conception, l'entretien ou la réparation d'objets techniques ou de systèmes technologiques, la mathématique est souvent utile, notamment pour aider les élèves à modéliser les relations qui existent entre certaines variables déterminantes. De plus, par le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels elle recourt, la mathématique offre un langage rigoureux et dont peuvent tirer profit la science et la technologie.

D'autre part, la mathématique sollicite le développement de compétences axées sur le raisonnement, la résolution de problèmes et la communication, car elles présentent une parenté avec celles qui sont au cœur du programme d'applications technologiques et scientifiques. Leur exercice conjoint ne peut que favoriser le transfert et s'avère particulièrement propice au développement des compétences transversales, notamment celles d'ordre intellectuel. Les applications technologiques contribuent en outre à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme la notion de variable, les relations de proportionnalité, les principes de la géométrie ou les concepts associés aux statistiques.

Domaine des langues

Le domaine des langues fournit aux élèves des outils essentiels au développement de leurs compétences scientifiques et technologiques. L'analyse et la production de textes à l'oral ou à l'écrit ont en effet un rapport étroit avec la compétence *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*.

Qu'il s'agisse de lire ou d'écrire des textes variés ou encore de communiquer oralement, les compétences développées dans le cours de français sont essentielles pour interpréter des informations de manière pertinente, pour décrire ou analyser un objet technique, pour en expliquer le fonctionnement et pour justifier certains choix méthodologiques. De son côté, le vocabulaire scientifique et technologique, très varié et souvent inédit, contribue à l'enrichissement du langage.

La langue anglaise est très répandue dans les communications scientifiques et technologiques à l'échelle internationale. La connaître constitue donc un atout. L'atteinte d'un niveau minimal de compétence en anglais s'avère indispensable, tant pour comprendre les consignes d'assemblage de certains objets techniques que pour participer à une communauté virtuelle ou à des activités pancanadiennes ou internationales, telle une expo-sciences. De plus, les élèves qui maîtrisent cette langue ont accès à des sources de renseignements beaucoup plus nombreuses et diversifiées.

Domaine de l'univers social

L'étude des avancées scientifiques et des développements technologiques peut éclairer notre compréhension de l'histoire des sociétés, puisque les problématiques auxquelles ces contributions visaient à répondre à divers moments dans le temps étaient inscrites dans des réalités sociales particulières, souvent complexes et diversifiées. En retour, la perspective historique permet de remettre en contexte ces avancées et ces développements et d'en mesurer l'ampleur. Se tourner vers le passé peut également apporter des réponses à des questions portant sur l'origine de certaines explications scientifiques ou réalisations technologiques.

Domaine des arts

La science et la technologie tirent profit de l'exercice de la créativité à laquelle les disciplines artistiques concourent largement. Certaines démarches particulières à ce programme présentent en effet des liens avec la dynamique de la création commune aux quatre programmes du domaine des arts. C'est le cas, entre autres, de la démarche de design, qui fait appel aux règles de l'esthétisme.

La science et la technologie apportent en retour une importante contribution à ces disciplines. Par exemple, les concepts scientifiques relatifs aux ondes peuvent être mis à profit pour mieux comprendre le fonctionnement de cer-

tains instruments de musique. Les matériaux, les produits, les outils et les instruments utilisés en art, qui sont autant de réalisations technologiques, en constituent une autre illustration.

Domaine du développement de la personne

En raison des multiples questions d'ordre éthique qui y sont abordées, ce programme bénéficie également des réflexions menées en éthique et culture religieuse. Par exemple, le phénomène de la fécondation *in vitro* par la production d'embryons surnuméraires soulève de nombreux enjeux éthiques comme celui de leur utilisation ou celui de la santé des femmes.

Des liens intéressants peuvent aussi être tissés avec le programme d'éducation physique et à la santé. Ainsi, l'étude de la biomécanique et des divers principes associés à l'activité physique ou celle des matériaux utilisés dans la fabrication de divers types d'équipements permettent de mieux saisir leur apport à l'amélioration de la performance sportive.

Domaine du développement professionnel

Les champs d'application de la science et de la technologie touchent de nombreux domaines et peuvent être associés à l'un ou l'autre des secteurs d'intérêt que les élèves explorent pour réaliser leur projet personnel d'orientation. À cet égard, ces deux programmes sont fortement complémentaires. Les situations d'apprentissage proposées dans le programme d'applications technologiques et scientifiques constituent des moments privilégiés pour expérimenter diverses fonctions de travail dans le cadre d'une démarche exploratoire d'orientation. Ainsi, les élèves qui participent à la mise en œuvre d'une production sérielle auront l'occasion de se situer par rapport au secteur de la production manufacturière et aux métiers et professions qui y sont associés. En retour, les activités d'exploration propres au projet personnel d'orientation peuvent être réinvesties dans le programme d'applications technologiques et scientifiques. Par exemple, les élèves qui explorent le secteur électrotechnique pourront s'intéresser à des problèmes technologiques liés à l'électricité.

Le programme d'applications technologiques et scientifiques se prête donc fort bien à la mise en œuvre d'activités interdisciplinaires. C'est en effet du regard croisé des différents domaines d'apprentissage qui composent le Programme de formation de l'école québécoise que peut émerger la formation la plus complète, la plus adéquate et la plus susceptible d'offrir aux jeunes la meilleure prise sur les réalités du XXI^e siècle.

Contexte pédagogique

Le programme d'applications technologiques et scientifiques mise sur la participation active des élèves, qui sont appelés à faire preuve d'initiative, de créativité et d'autonomie, mais aussi d'esprit critique et de rigueur. Les compétences et les connaissances se construisent dans le cadre de situations d'apprentissage et d'évaluation axées sur la conception, l'analyse, l'entretien ou la réparation d'applications.

Les compétences et les connaissances se construisent dans le cadre de situations d'apprentissage et d'évaluation axées sur la conception, l'analyse, l'entretien ou la réparation d'applications.

Ressources pouvant être mises à profit

Le développement de compétences fait appel à de multiples ressources internes ou externes. Elles sont de plusieurs types : personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles et humaines. Les ressources personnelles font référence aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes ou aux techniques. On parle de ressources conceptuelles pour désigner spécifiquement celles qui font appel aux connaissances provenant de disciplines variées. Les ressources informationnelles comprennent les manuels et documents divers ou tout autre élément pertinent pour la recherche d'information. La catégorie des ressources matérielles comprend notamment les instruments, les outils ou les machines. Les objets usuels de toutes sortes en font également partie. Quant aux ressources institutionnelles, elles sont constituées d'organismes publics ou parapublics tels que les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. Ce sont des richesses à exploiter pour favoriser le développement d'une culture scientifique et technologique.

Les enseignants constituent les ressources humaines les plus immédiatement accessibles. Tout comme les techniciens en travaux pratiques, ils sont indispensables sur plusieurs plans, notamment sur celui de la sécurité au laboratoire et à l'atelier. Leur apport peut être complété par celui d'enseignants d'autres disciplines ou de différents experts, qui pourront apporter des idées ingénieuses ou collaborer à la construction des situations d'apprentissage et d'évaluation.

Rôle de l'enseignant

Le rôle de l'enseignant est multiple. Une pédagogie orientée vers le développement de compétences fait appel autant à l'expertise pédagogique et disciplinaire qu'à la créativité et au jugement professionnel. Il lui revient de proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement de compétences, d'ajuster ses interventions dans une perspective de différenciation des apprentissages et de choisir les stratégies pédagogiques les plus susceptibles de répondre aux besoins des élèves.

Assurer le développement des compétences

Les situations d'apprentissage et d'évaluation que propose l'enseignant doivent lui permettre de porter un jugement sur le développement des compétences à la fin de chacune des années du cycle. Pour y parvenir, il doit en varier la complexité d'une année à l'autre en s'appuyant sur certains paramètres qui les caractérisent.

Ces paramètres sont présentés sous forme de tableaux à la fin de chacune des sections traitant des compétences disciplinaires, sous la rubrique *Développement de la compétence*.

Telles qu'elles sont définies dans le Programme de formation de l'école québécoise⁶, les compétences peuvent se développer selon trois aspects – la mobilisation en contexte, la disponibilité de ressources et le retour réflexif – qui permettent du même coup de cibler les paramètres des situations proposées aux élèves. Le contexte d'action apporte des précisions au regard de certains paramètres liés aux tâches qui composent la situation d'apprentissage. La section sur les ressources propose quelques pistes concernant la mobilisation des ressources personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles ou humaines. Enfin, la section sur le retour réflexif présente des consignes destinées à soutenir le développement d'habiletés métacognitives chez les élèves.

6. Se référer au chapitre 1, p. 12.

L'enseignant propose des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement de compétences, ajuste ses interventions dans une perspective de différenciation et choisit des stratégies pédagogiques susceptibles de répondre aux besoins des élèves.

Ces paramètres, jugés propices au développement des compétences, doivent être pris en considération pour élaborer des situations d'apprentissage et d'évaluation stimulantes, qui présenteront des défis réalistes, sans trop d'embûches, tout en conservant une exigence de rigueur.

Construire des situations d'apprentissage et d'évaluation signifiantes et adaptées aux exigences du programme

Des situations contextualisées, ouvertes et intégratives

Pour conférer plus de sens aux apprentissages et favoriser l'intégration des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être, il convient d'avoir recours à des situations d'apprentissage et d'évaluation contextualisées, ouvertes et intégratives.

Une situation d'apprentissage et d'évaluation est contextualisée dans la mesure où elle s'inspire des questions de l'actualité, des réalisations scientifiques et technologiques liées au quotidien des élèves ou des grands enjeux de l'heure, comme les changements climatiques.

Une situation d'apprentissage et d'évaluation est ouverte lorsqu'elle présente des données de départ susceptibles de mener à différentes pistes de solution. Ces données initiales peuvent être complètes, implicites ou superflues. Certaines peuvent faire défaut et nécessiter une recherche qui débouchera sur de nouveaux apprentissages.

Une situation intégrative fait appel à des concepts provenant d'univers différents. Par exemple, une situation traitant de la problématique associée à la construction d'une centrale thermique se prête à l'intégration de savoirs et de savoir-faire dans la mesure où l'enseignant incite les élèves à mobiliser des savoirs issus de l'univers technologique (ex. analyse d'un système de production d'énergie), de l'univers vivant (ex. conséquences de l'effet de serre sur la biodiversité) et de l'univers matériel (ex. production et transformation d'énergie). Une situation d'apprentissage et d'évaluation n'est totalement intégrative que lorsqu'elle fait appel à des savoirs, théoriques et pratiques, de diverse nature.

Des situations complexes, adaptées aux exigences du programme

Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent permettre de développer tous les aspects de la compétence visée. Dans le cadre de ce programme, elles concernent des applications. Que l'on opte pour l'analyse d'une centrale hydroélectrique ou pour la conception d'un modèle réduit d'une éolienne, on fait référence à un système technologique. Le corps humain lui-même peut être considéré comme un système pouvant faire l'objet d'une intervention qui requiert une application technologique. C'est le cas, par exemple, lorsqu'il faut remplacer un membre par une prothèse. On sait également que certains tissus humains peuvent être fabriqués au même titre que d'autres produits biologiques.

Pour concevoir ces situations, l'enseignant s'efforcera, aussi souvent que possible, de tenir compte des particularités de l'école ou de mettre en cause des questions d'actualité s'inscrivant dans un axe de développement d'un domaine général de formation. Il veillera aussi à accorder une place importante à la manipulation concrète et au respect des règles de sécurité.

Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent permettre de développer tous les aspects de la compétence visée. Dans le cadre de ce programme, elles concernent des applications.

Pour favoriser le développement de la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*, l'enseignant doit proposer aux élèves des situations d'apprentissage et d'évaluation qui suscitent leur engagement dans la résolution de problèmes faisant appel à une démarche expérimentale ou de conception.

Ces situations comportent donc des manipulations. Elles peuvent aussi nécessiter des démarches de modélisation et d'observation ainsi qu'une démarche empirique.

Les problèmes soumis aux élèves doivent les amener à développer la compétence *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques*. En choisissant une problématique complexe, l'enseignant peut proposer des tâches variées qui rejoignent divers styles d'apprentissage. Différentes stratégies pédagogiques utilisées dans le cadre d'une résolution de problèmes, comme l'approche par problèmes, l'étude de cas, la controverse ou le projet,

peuvent se prêter au développement d'une approche réflexive, dans la mesure où on y contraint les élèves à se poser des questions et à prendre du recul à l'endroit de leur démarche. L'analyse de données ou d'informations permet aux élèves de poursuivre le développement de leurs habiletés cognitives dans des situations de plus en plus complexes.

Afin de soutenir le développement de la compétence *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*, l'enseignant doit proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui demandent de choisir un mode de présentation approprié, d'utiliser un vocabulaire scientifique et technologique adéquat à l'oral comme à l'écrit et d'établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques. À tout moment, l'enseignant doit mettre l'accent sur la qualité de la langue, que ce soit lors d'une présentation orale, de la schématisation d'un objet technique ou d'un système, de la rédaction d'un rapport technique ou de laboratoire ou encore d'une réflexion sur les impacts de la science et de la technologie.

En travaillant les trois compétences en interrelation, l'enseignant peut choisir de mettre l'accent sur l'une ou l'autre d'entre elles et d'y accorder, par le fait même, une plus grande attention.

Accompagner les élèves dans le développement de leurs compétences

L'enseignant suscite le questionnement et balise le cheminement des élèves en tenant compte des aspects de la démarche sur lesquels il veut les amener à travailler plus particulièrement (par exemple, la construction d'un modèle, la conception d'un prototype⁷, la formulation d'une première explication, le concept de variable, la notion de mesure, la représentation des résultats). Si les situations sont ouvertes quant aux moyens à prendre, elles n'en constituent pas moins un cadre rigoureux comportant une tâche à réaliser, un but à atteindre et certaines ressources à mobiliser. Dans le cadre de la conception d'un prototype, il est prévu que le cahier des charges soit fourni par l'enseignant. Il est également possible d'utiliser des gabarits préparés à l'avance pour faciliter certaines opérations d'usinage exécutées par les élèves ou pour accélérer la fabrication dans le cas d'une production en série. L'enseignant ne doit pas hésiter à adapter la tâche au niveau de compétence de ses élèves. Il donne des explications au besoin, répond à des questions, propose des pistes de solution, encadre de manière plus soutenue les élèves les moins autonomes

et s'assure du respect des règles de sécurité en laboratoire ou en atelier. Par ailleurs, il est important que chacun tire profit de ses erreurs en comprenant qu'elles sont rarement dues au hasard.

L'enseignant doit offrir un encadrement souple aux élèves, mais il doit aussi les inciter à la rigueur. À tout moment, il s'assure qu'ils ne sont pas submergés par la quantité d'informations à traiter et soutient autant la sélection des données pertinentes pour la tâche ou la résolution du problème que la recherche de nouvelles données.

L'enseignant demeure toujours une référence importante pour les élèves. C'est particulièrement vrai en ce qui a trait à la régulation des apprentissages et aux interventions collectives en classe. Ces dernières peuvent devenir des temps forts au cours desquels il recadre les apprentissages notionnels et fait ressortir les liens entre les acquis récents des élèves et leurs connaissances antérieures. Il est également convié à jouer un rôle actif au moment d'effectuer des retours réflexifs ou d'élaborer une synthèse avec tous les élèves.

Les exemples présentés en annexe illustrent des situations d'apprentissage et d'évaluation construites à partir d'applications liées aux champs technologiques. Ces situations devraient permettre aux élèves de donner un sens à leurs apprentissages et de s'approprier des concepts de la discipline dans un contexte où leur usage s'avère pertinent. Elles établissent plusieurs liens avec les intentions éducatives des domaines généraux de formation de même qu'avec les apprentissages visés par d'autres disciplines.

Enfin, elles rendent possible l'exercice de compétences aussi bien transversales que disciplinaires. Les intentions pédagogiques qui y sont poursuivies déterminent le nombre et la nature des liens qui seront exploités.

Chaque élève est responsable de son apprentissage et doit s'engager activement dans le développement des compétences en mobilisant de multiples ressources.

7. Par « prototype », on entend ici tout objet ou appareil construit pouvant constituer le premier exemplaire d'une éventuelle production en série. Il peut s'agir d'un prototype de conception, de fabrication, de production, d'expérimentation ou d'essai.

Rôle de l'élève

Les élèves doivent s'engager activement dans le développement de leurs compétences. Pour ce faire, ils utilisent de multiples ressources internes (connaissances antérieures, habiletés, stratégies, attitudes et techniques). Si cela est nécessaire, ils cherchent des informations variées, sélectionnent les ressources matérielles utiles à leur démarche d'apprentissage ou font appel à des ressources humaines de leur environnement immédiat. Dans certains cas, il peut être intéressant pour les élèves de sortir du cadre familial ou scolaire. Les industries, les experts, les musées leur permettent de s'ouvrir au monde extérieur et de considérer d'autres points de vue.

Lorsqu'ils utilisent des instruments, des outils ou des machines, les élèves doivent être conscients des normes de sécurité et faire preuve de prudence lors des manipulations en laboratoire et en atelier. Dans le doute, ils doivent faire appel à leur enseignant ou au technicien en travaux pratiques afin de s'assurer que leurs interventions sont sécuritaires ou qu'ils utilisent adéquatement le matériel mis à leur disposition. Il est également important qu'ils soient en mesure de recourir aux techniques appropriées lorsqu'ils exécutent leur plan d'action.

Enfin, qu'ils aient à réaliser un plan, à rédiger un rapport de recherche, à formuler des questions ou à proposer des explications ou des solutions, ils doivent réfléchir à la façon dont ils communiqueront le fruit de leur travail ou partageront leur opinion et doivent s'exprimer dans un langage scientifique et technologique approprié. Après la conception, l'analyse ou la réparation d'un objet technique, d'un système, d'un produit ou encore l'élaboration d'un procédé, ils devraient être en mesure d'expliquer et de justifier les étapes de leur démarche à la lumière de leur analyse de la situation.

COMPÉTENCE 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

Sens de la compétence

La science et la technologie se caractérisent notamment par la rigueur de leurs démarches de résolution de problèmes. Dans tous les cas, ces problèmes comportent des données initiales, un but à atteindre ainsi que des spécifications servant à en préciser la nature, le sens et l'étendue. Le fait de chercher des réponses ou des solutions à des problèmes liés à des applications technologiques ou scientifiques implique le recours à divers modes de raisonnement ainsi qu'aux démarches associées à ce programme. Celles-ci mobilisent des stratégies d'exploration ou d'analyse et nécessitent créativité, méthode et persévérance. Apprendre à recourir à ces démarches et à les articuler avec pertinence permet de mieux comprendre la nature de l'activité scientifique et technologique.

Bien qu'elles reposent sur des procédés rigoureux, ces démarches ne sont pas à l'abri des erreurs et peuvent faire appel au tâtonnement. Aussi s'accompagnent-elles d'une prise de conscience et d'une réflexion sur les actions, de même que d'un questionnement visant à valider le travail en cours et à effectuer les ajustements nécessaires en fonction des buts fixés ou des choix effectués. Le résultat atteint soulevant parfois de nouveaux problèmes, les acquis sont toujours considérés comme provisoires et s'inscrivent dans un processus continu de recherche et d'élaboration de nouveaux savoirs.

Au deuxième cycle du secondaire comme au premier, un élève compétent dans la recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique doit savoir mettre en œuvre plusieurs de ces démarches pour résoudre des problèmes qui, dans certains cas, sont relativement complexes. Au premier cycle, on apprend à distinguer la démarche expérimentale de la démarche technologique de conception : l'accent est mis sur leurs spécificités respectives, sur les objectifs distincts qu'elles poursuivent, mais aussi sur leur complémentarité. Au deuxième cycle s'ajoutent

de manière plus explicite la démarche d'observation, la démarche de modélisation, la démarche empirique ainsi que la démarche industrielle et celle de design (conception et production). On vise alors leur intégration à plus ou moins long terme au sein d'une même recherche de réponses et de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.

La démarche de design et la démarche industrielle sont orientées, à la manière du travail en entreprise, vers la conception et la production d'un objet ou d'un système technologique. Les apprentissages associés à ces démarches seront facilités si les informations visuelles et auditives s'accompagnent d'explorations physiques et de manipulations.

Rarement simples, les problèmes de départ découlent généralement de l'identification d'un besoin⁸ technologique particulier. Ils soulèvent de nombreuses questions plus spécifiques qui peuvent être regroupées en sous-problèmes, chacun renvoyant à des procédés technologiques ou à des principes scientifiques spécifiques.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes liés à des applications technologiques et scientifiques repose sur un **processus dynamique et non linéaire**. Cela exige de l'élève qu'il circule entre les différentes phases de la résolution d'un problème et qu'il mobilise démarches, stratégies, techniques, principes et concepts appropriés. L'articulation de ces ressources suppose que l'on soit aussi en mesure de les adapter en tenant compte de la situation et de son contexte.

8. Un « besoin » est un état d'insatisfaction qui porte l'individu à désirer ce qui lui fait défaut et qui le pousse à agir. Tout problème technologique découle d'un besoin. Une fois le besoin constaté, celui-ci est traduit sous forme d'un problème dont le traitement conduit à une solution qui prend la forme d'un objet technique, d'un système ou encore d'un produit. Par exemple, le four à micro-ondes est une solution au besoin de réchauffer rapidement les aliments et l'automobile, une solution au besoin de se déplacer rapidement et confortablement.

La première compétence est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches où la manipulation occupe une place centrale.

La résolution d'un problème commence toujours par la construction de sa représentation à partir d'indices significatifs et d'éléments jugés pertinents. Cette première représentation, parfois peu développée, pourra exiger plusieurs ajustements ultérieurs. En effet, la réalisation de nouveaux apprentissages, le recours à des informations ou à des connaissances antérieures qui n'avaient pas encore été prises en compte, des échanges d'idées avec les pairs ou l'enseignant, l'obtention de résultats expérimentaux imprévus donnent souvent lieu à des reformulations plus précises et plus proches du but à atteindre. La représentation initiale d'un problème peut donc être modifiée tout au long du processus. Il arrive aussi que cette représentation soit élaborée dès le départ grâce à un solide bagage de connaissances spécifiques.

Sur la base de la représentation du problème, une exploration de diverses possibilités de résolution doit ensuite être effectuée. L'élève doit, après avoir sélectionné l'une d'elles, élaborer un plan d'action qui tient compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles imposées par le milieu et, d'autre part, des ressources dont il dispose pour résoudre le problème. Étant donné l'orientation du programme, ce plan d'action est souvent axé sur la conception et la fabrication d'un prototype ou d'un produit.

Lors de la mise en œuvre du plan, l'élève en exécute les étapes en prenant soin de consigner toutes les observations pouvant être utiles ultérieurement. De nouvelles données peuvent exiger une reformulation de la représentation du problème, l'adaptation du plan de départ ou la recherche de pistes de solution plus appropriées.

Vient ensuite l'analyse des données qui a trait à l'organisation, à la classification, à la comparaison et à l'interprétation des résultats obtenus au cours du processus de résolution du problème. Elle consiste à repérer les tendances et les relations significatives qui les caractérisent, les relations qui s'établissent entre ces résultats ou encore entre ces résultats et les données initiales. Cette mise en relation permet de formaliser le problème, de valider ou d'invalidier l'hypothèse et de tirer une conclusion. Soulignons que, dans le cas des applications technologiques et scientifiques, les résultats prennent la forme d'un produit, d'un prototype ou d'une réalisation particulière.

À tout moment du processus de résolution de problèmes, l'élève doit effectuer des retours réflexifs pour favoriser ultérieurement un meilleur contrôle de l'articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques utilisées et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

La plupart des démarches mobilisées et articulées au cours du développement de cette compétence ne peuvent être mises en œuvre qu'en laboratoire ou en atelier. En raison des dangers que présente la manipulation de certains instruments, outils, substances ou matériaux, il importe que des personnes compétentes puissent intervenir en cas de besoin et que la préparation du matériel soit soignée. Les élèves doivent respecter les directives et travailler avec rigueur. La sécurité doit être une préoccupation constante.

Cette compétence est indissociable des deux autres et ne saurait se développer isolément. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes liés à des applications technologiques et scientifiques ne peut se faire indépendamment de l'appropriation et de la mise à profit de connaissances spécifiques. Les lois, les principes et les concepts propres à la discipline sont utilisés pour cerner un problème et pour le formuler en des termes qui le rapprochent d'une réponse ou d'une solution. Cette compétence ne peut se développer sans la maîtrise de stratégies de l'ordre de la communication. En effet, le processus de validation par les pairs est incontournable en science et en technologie, tout comme la compréhension et l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique ou technologique.

Compétence 1 et ses composantes

Cerner un problème

Considérer le contexte de la situation • S'en donner une représentation • Identifier les données initiales • Identifier les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts scientifiques et technologiques • Proposer des explications ou des solutions possibles

Élaborer un plan d'action

Explorer quelques-unes des explications ou des solutions provisoires • Sélectionner une explication ou une solution • Déterminer les ressources nécessaires • Planifier les étapes de sa mise en œuvre

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

Concrétiser le plan d'action

Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux techniques et aux autres ressources appropriées • Procéder à des essais, s'il y a lieu • Recueillir des données ou noter des observations pouvant être utiles • Apporter, si cela est nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action • Mener à terme le plan d'action

Analyser les résultats

Rechercher les tendances ou les relations significatives • Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • Établir des liens entre les résultats et les concepts scientifiques et technologiques • Proposer des améliorations, si cela est nécessaire • Tirer des conclusions

Critères d'évaluation

- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes

Attentes de fin de cycle

À la fin du deuxième cycle du secondaire, l'élève est en mesure de mettre en œuvre un processus de résolution de problèmes. Il s'approprie le problème en dégagant le but à atteindre ou le besoin à cerner ainsi que les conditions à respecter. Il formule ou reformule des questions qui s'appuient sur des données issues du problème. Il propose des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles, qu'il est en mesure de justifier.

Il élabore sa planification en sélectionnant les démarches qui lui permettront d'atteindre son but. Il contrôle les variables importantes qui peuvent influencer les résultats. Dans l'élaboration de son plan d'action, il choisit les outils conceptuels et le matériel pertinents, parmi ceux qui sont mis à sa disposition.

Il concrétise son plan d'action en travaillant de façon sécuritaire et l'ajuste au besoin. Il recueille des données valables en utilisant correctement le matériel choisi. Il tient compte de la précision des outils ou des équipements. En science, il analyse les données recueillies et en tire des conclusions ou des explications pertinentes. En technologie, il procède à la mise à l'essai de sa solution en s'assurant que cette dernière répond au besoin ciblé ou aux exigences du cahier des charges. S'il y a lieu, il énonce de nouvelles hypothèses ou propose des améliorations à sa solution ou de nouvelles solutions. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

Développement de la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*

Tel qu'il a été indiqué dans la section *Contexte pédagogique*, les compétences disciplinaires se développent selon trois aspects : la mobilisation en contexte, la disponibilité de ressources et le retour réflexif. Le tableau ci-dessous présente des paramètres qui caractérisent, pour chacun de ces aspects, les situations d'apprentissage et d'évaluation proposées aux élèves selon l'année du cycle. Ces paramètres permettent de varier le niveau de complexité et de difficulté des situations tout au long du cycle pour aider chaque élève à développer ses compétences.

	PREMIÈRE ANNÉE DU CYCLE	DEUXIÈME ANNÉE DU CYCLE
Mobilisation en contexte	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est bien circonscrit : la plupart des sous-tâches sont communiquées à l'élève. – La situation propose des hypothèses vérifiables à partir des données initiales du problème. 	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est moins circonscrit : les sous-tâches ne sont pas toutes communiquées à l'élève. – La situation requiert que l'élève propose des hypothèses vérifiables à partir des données initiales du problème.
Disponibilité des ressources	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la première année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative des concepts abordés, faisant parfois appel à un certain formalisme mathématique. – Le répertoire de ressources matérielles mis à la disposition de l'élève est limité, l'amenant à faire certains choix. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation indique explicitement celles auxquelles l'élève doit faire appel. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la deuxième année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative et quantitative des concepts abordés, faisant souvent appel à un formalisme mathématique. – Le répertoire de ressources matérielles mis à la disposition de l'élève est étendu, l'amenant à faire des choix. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation n'indique pas celles auxquelles l'élève doit faire appel, mais exige qu'il en justifie le choix.
Retour réflexif	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments de retour réflexif et métacognitif où l'enseignant intervient individuellement et collectivement. – La situation précise clairement la nature des retours réflexifs et métacognitifs et la forme qu'ils doivent prendre. 	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments où l'élève effectue, individuellement ou en équipe, des retours réflexifs et métacognitifs. – La situation exige que des retours réflexifs et métacognitifs soient effectués, sans en préciser clairement la nature et la forme. Des traces orales ou écrites sont prévues.

COMPÉTENCE 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

Sens de la compétence

Les diverses applications de la science et de la technologie ont des répercussions sur notre vie. Certaines sont positives et contribuent de façon notable à en améliorer la qualité. D'autres, par contre, soulèvent des enjeux d'ordre éthique à l'égard desquels il faut se situer. Toutes les sphères de l'activité humaine, qu'elles soient personnelles, sociales ou professionnelles, sont touchées à des degrés divers, de telle sorte que la science et la technologie apparaissent aujourd'hui comme des outils indispensables pour comprendre le monde dans lequel nous vivons et pour nous y adapter. Afin de s'intégrer à la société et y exercer son rôle de citoyen de façon éclairée, l'individu doit donc disposer d'une solide culture scientifique et technologique impliquant la capacité de mettre à profit ses connaissances dans le domaine, quel que soit le contexte.

Au premier cycle du secondaire, l'élève a appris à mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques en tentant de dégager des retombées de la science et de la technologie et de comprendre des phénomènes naturels de même que le fonctionnement de quelques objets technologiques. Au deuxième cycle, l'élève doit apprendre à intégrer la théorie et la pratique, en examinant le contexte, la réalité matérielle et la filiation conceptuelle des découvertes, des inventions et des innovations. D'une part, il est amené à analyser diverses applications selon différents points de vue, y compris la prévision de l'entretien ou d'un éventuel besoin de réparation d'un objet technique ou d'un système technologique. D'autre part, bien qu'il soit amené à exploiter, pour l'analyse du fonctionnement d'objets ou de systèmes technologiques, les ressources conceptuelles qu'il a accumulées jusqu'alors, il est aussi forcé d'en acquérir de nouvelles pour en compenser les lacunes.

Au cours du deuxième cycle, la mobilisation de ses connaissances scientifiques ou technologiques implique que l'élève situe les applications dans leur contexte. Cet exercice suppose la construction d'une représentation sys-

témique de ces applications qui prend en compte les différents aspects (sociaux, historiques, économiques, etc.) liés aux objets, aux systèmes, aux produits et aux procédés. Elle permet aussi d'examiner certaines retombées à long terme, de les comparer aux retombées à court terme et, s'il y a lieu, d'en dégager les enjeux éthiques.

La contextualisation de diverses applications permet également de dégager certains principes scientifiques qui y sont liés. L'exercice de cette compétence

Cette compétence exige de l'élève qu'il situe des applications dans leur contexte, qu'il les analyse afin d'en dégager des principes scientifiques et technologiques et, éventuellement, qu'il procède à leur entretien ou à leur réparation.

suppose donc que l'élève se soit approprié les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension de ces principes. Cette appropriation ne saurait toutefois se limiter à la simple maîtrise d'un formalisme mathématique ou à l'application d'une recette. Comprendre un principe ou un phénomène consiste à s'en donner une représentation qualitative, et dans certains cas quantitative, qui permet de l'expliquer à l'aide

de lois et de modèles, de le décrire, d'en saisir les relations et parfois de prédire de nouveaux phénomènes. Les démarches empiriques, d'observation et de modélisation constituent donc autant de ressources dont l'élève peut tirer profit pour comprendre des principes scientifiques.

L'étude d'une application consiste également à procéder à son analyse technologique. Cette analyse d'un objet, d'un système, d'un produit ou d'un procédé consiste à en déterminer la fonction globale; à en comprendre le fonctionnement en reconnaissant leurs diverses composantes et leurs fonctions respectives; à prendre en considération les caractéristiques techniques et les principes scientifiques sous-jacents; et enfin à se pencher sur les solutions adoptées pour les construire.

Lorsque l'analyse porte sur le fonctionnement des composantes de l'objet ou du système, elle consiste à trouver, s'il y a lieu, ce qui fait défaut et à y remédier en procédant aux réparations requises ou encore à son entretien. S'il a fallu le démonter pour l'analyser, l'élève le remontera de manière à ce qu'il soit en état de fonctionner.

À tout moment du processus de résolution des problèmes associés à l'application à l'étude, l'élève doit effectuer des retours réflexifs pour favoriser ultérieurement un meilleur contrôle de l'articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques liées à l'application, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

Il importe enfin de souligner que, pour développer cette compétence, l'élève doit faire appel à des éléments de communication liés à la production, à l'interprétation et à la transmission de messages à caractère scientifique ou technologique et doit recourir aux langages propres à la science et à la technologie.

Compétence 2 et ses composantes

Situer une application dans son contexte

Identifier des aspects du contexte (social, environnemental, historique, etc.) • Établir des liens entre ces divers aspects • Dégager, s'il y a lieu, des enjeux éthiques liés à l'application • Anticiper des retombées à long terme

Comprendre des principes scientifiques liés à l'application

Reconnaître des principes scientifiques • Décrire ces principes de manière qualitative ou quantitative • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

Comprendre des principes technologiques liés à l'application

Cerner la fonction globale de l'application • En identifier les diverses composantes et déterminer leurs fonctions respectives • En décrire des principes de fonctionnement et de construction • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles • Représenter schématiquement des principes de fonctionnement et de construction

Contrôler l'état de fonctionnement de l'objet technique ou du système technologique à l'étude

Démonter complètement ou en partie l'objet ou le système • Trouver ce qui fait défaut, s'il y a lieu • Effectuer l'entretien ou, dans certains cas, les réparations requises • Remonter correctement l'objet ou le système

Attentes de fin de cycle

À la fin du deuxième cycle du secondaire, l'élève analyse une application technologique ou scientifique (objet technique, système technologique, produit ou procédé) afin de se la représenter de façon adéquate. Il doit tenir compte des aspects sociaux, environnementaux et historiques et dégager, s'il y a lieu, les principaux enjeux éthiques. Il fait preuve de discernement en analysant les effets positifs et les incidences parfois négatives d'une innovation technologique.

Lorsque l'élève analyse une application sous l'angle de la science, il tente de reconnaître les principes en cause. Au regard de ces principes, il formule une explication ou une solution provisoire qu'il valide en s'appuyant sur les concepts, les lois, les théories et les modèles pertinents. Il est en mesure de décrire de manière qualitative ces principes scientifiques et, lorsque la situation l'exige, il peut recourir au formalisme mathématique pour justifier son explication.

Lorsque l'élève analyse une application sous l'angle de la technologie, il en détermine la fonction globale. Il l'examine afin d'en observer les principaux éléments constitutifs. Il manipule l'objet ou le système et le démonte au besoin afin d'en comprendre les principaux sous-systèmes et mécanismes. Il en décrit les principes de fonctionnement en s'appuyant sur les concepts, les lois et les modèles pertinents. Il explique les solutions retenues lors de la conception ou de la construction de l'application.

L'élève indique et évalue les solutions qui ont été adoptées dans la conception de l'objet ou du système. Il justifie ainsi les solutions retenues lors de la conception en faisant ressortir ses principes de fonctionnement. Il est aussi en mesure de procéder, quand cela est nécessaire, à certaines interventions liées à l'entretien ou à la réparation.

Critères d'évaluation

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois, des modèles et des théories de la science et de la technologie
- Production d'explications, de solutions ou d'interventions pertinentes
- Justification adéquate des explications, des solutions ou des interventions effectuées

Tel qu'il a été indiqué dans la section *Contexte pédagogique*, les compétences disciplinaires se développent selon trois aspects : la mobilisation en contexte, la disponibilité de ressources et le retour réflexif. Le tableau ci-dessous présente des paramètres qui caractérisent, pour chacun de ces aspects, les situations d'apprentissage et d'évaluation proposées aux élèves selon l'année du cycle. Ces paramètres permettent de varier le niveau de complexité et de difficulté des situations tout au long du cycle pour aider chaque élève à développer ses compétences.

	PREMIÈRE ANNÉE DU CYCLE	DEUXIÈME ANNÉE DU CYCLE
Mobilisation en contexte	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est bien circonscrit : la plupart des tâches sont communiquées à l'élève. – La situation guide l'élève dans la façon d'entretenir ou de réparer l'objet technique ou le système technologique à l'étude. 	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est moins circonscrit : les tâches ne sont pas toutes communiquées à l'élève. – La situation ne précise pas de quelle façon entretenir ou réparer l'objet technique ou le système technologique à l'étude : l'élève doit juger de la pertinence et de la nature de l'entretien ou de la réparation à effectuer.
Disponibilité des ressources	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la première année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative des concepts abordés, faisant parfois appel à un certain formalisme mathématique. – Les documents fournis couvrent tous les éléments nécessaires à la résolution du problème : l'élève doit reconnaître ceux qui sont pertinents. – Sur le plan des ressources matérielles (outils, instruments, etc.), la situation précise celles qui sont à privilégier lors de l'analyse, de l'entretien ou de la réparation de l'objet ou du système. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation indique explicitement celles auxquelles l'élève doit faire appel. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la deuxième année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative et quantitative des concepts abordés, faisant souvent appel à un formalisme mathématique. – Les documents fournis ne couvrent pas tous les éléments nécessaires à la résolution du problème : l'élève doit déterminer les éléments absents et chercher lui-même la documentation complémentaire dont il a besoin. – Sur le plan des ressources matérielles (outils, instruments, etc.), la situation ne précise pas celles qui sont à privilégier lors de l'entretien ou de la réparation de l'objet ou du système : l'élève doit déterminer celles qui sont pertinentes. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation n'indique pas celles auxquelles l'élève doit faire appel, mais exige qu'il en justifie le choix.
Retour réflexif	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments de retour réflexif et métacognitif où l'enseignant intervient individuellement et collectivement. – La situation précise clairement la nature des retours réflexifs et métacognitifs et la forme qu'ils doivent prendre. 	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments où l'élève effectue, individuellement ou en équipe, des retours réflexifs et métacognitifs. – La situation exige que des retours réflexifs et métacognitifs soient effectués, sans en préciser clairement la nature et la forme. Des traces orales ou écrites sont prévues.

COMPÉTENCE 3 Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans la construction de savoirs scientifiques et technologiques. Dans la mesure où ils sont socialement élaborés et institués, ils ne se construisent que dans le partage de significations, l'échange d'idées et la négociation de points de vue. Cela exige l'emploi d'un langage standardisé, c'est-à-dire d'un code qui délimite le sens des signes linguistiques et graphiques en fonction de l'usage qu'en fait la communauté technoscientifique. La diffusion des savoirs obéit aussi à des règles. Les résultats de recherche doivent en effet être soumis à un processus de validation par les pairs avant d'être largement diffusés dans la communauté et le grand public. La communication peut donc revêtir diverses formes selon qu'elle s'adresse aux membres de cette communauté ou qu'elle vise à informer un public non initié.

Au deuxième cycle du secondaire comme au premier, l'élève doit être apte à communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie et doit savoir recourir aux normes et aux conventions propres à ces disciplines, lorsqu'il participe à des échanges sur des questions d'ordre scientifique ou technologique ou qu'il interprète ou produit des informations de cette nature. Il importe également qu'il apprenne à respecter la propriété intellectuelle des personnes dont il reprend les idées ou les résultats. Au deuxième cycle, une importance toute particulière doit être accordée à l'interprétation, sans négliger pour autant la participation à des échanges ou la production de messages.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation de l'élève à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique, qu'il s'agisse de partager le fruit d'un travail avec des pairs, de rechercher auprès d'experts des réponses à un questionnement ou encore de contribuer à des activités telles que l'analyse ou la conception d'objets,

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation de l'élève à des échanges d'information, à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique ou technologique.

de systèmes ou de produits, la présentation d'un projet ou la réalisation d'un événement. Particulièrement utiles pour aider l'élève à préciser ses représentations et à valider un point de vue en le confrontant à celui des

autres, ces situations doivent aussi viser l'adoption d'une attitude d'ouverture et de réceptivité à l'égard de la diversité des connaissances, des points de vue et des approches. Une attention particulière doit être portée au fait que certains termes n'ont pas la même signification dans le langage courant et le langage spécifique de la science ou de la technologie. Le sens des concepts peut également différer selon le contexte disciplinaire dans lequel ils sont utilisés. La prise en

compte du contexte de la situation de communication s'avère donc indispensable pour déterminer les enjeux de l'échange et adapter son comportement en conséquence.

L'interprétation, qui représente une autre composante importante de la compétence, intervient autant dans la lecture d'un article scientifique ou technique que dans l'écoute d'un exposé oral, la compréhension d'un rapport de laboratoire ou l'utilisation d'un cahier des charges, d'un dossier technique ou d'un plan. Toutes ces activités exigent de l'élève qu'il saisisse le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés et qu'il donne la signification exacte d'un graphique, d'un schéma ou d'un dessin de détail. Il doit aussi établir des liens explicites entre les concepts comme tels et leur représentation graphique ou symbolique. Lorsqu'il s'adonne à une activité d'écoute ou qu'il consulte des documents, il doit encore vérifier la crédibilité des sources et sélectionner les informations qui lui semblent pertinentes.

La production de messages à caractère scientifique ou technologique est également un aspect important de cette compétence puisque les situations peuvent exiger de l'élève qu'il élabore un protocole de recherche, rédige un rapport de laboratoire, prépare un dossier technique, conçoive un prototype, résume un texte, représente les détails d'une pièce ou fasse un exposé sur

une question d'ordre scientifique ou technologique. La prise en compte du destinataire ou des particularités du public ciblé constitue un passage obligé pour la délimitation du contexte de ces productions. Cela demande que l'élève détermine un niveau d'élaboration accessible au public ciblé, structure le message en conséquence et choisisse des formes et des modes de présentation appropriés à la communication. Le souci de bien utiliser les concepts, les formalismes, les symboles, les graphiques, les schémas et les dessins doit l'habiter, car il contribue à donner de la clarté, de la cohérence et de la rigueur au message. Dans ce type de communication, le recours aux technologies de l'information et de la communication peut s'avérer utile ou offrir un enrichissement substantiel.

Au cours de la participation à un échange, des retours réflexifs doivent être effectués pour favoriser ultérieurement un meilleur contrôle de l'articulation des stratégies de production et d'interprétation. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques associées à la communication, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences du contexte de l'échange.

Cette compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux autres, dont elle vient renforcer le développement. Tout en contribuant de manière significative à leur donner toute leur étendue, elle s'enrichit de la compréhension accrue qui résulte des recherches et des réalisations qui les caractérisent. La première compétence, axée sur la résolution de problèmes d'ordre scientifique ou technologique, fait appel à des normes et à des conventions, et ce, tant pour l'élaboration d'un protocole de recherche ou d'un scénario de réalisation que pour l'explication de lois et de principes ou la présentation de résultats expérimentaux. Tableaux, symboles, graphiques, schémas, dessins de détail ou d'ensemble, maquettes, équations mathématiques et modèles sont autant de modes de présentation qui peuvent soutenir la communication, mais qui nécessitent de respecter les règles d'usage propres à la science, à la technologie et à la mathématique.

L'appropriation des concepts scientifiques et technologiques de même que leur mise à profit, qui font l'objet de la deuxième compétence, exigent un langage et un type de discours appropriés. Par exemple, les lois scientifiques, qui sont une façon de modéliser les phénomènes, s'expriment généralement par des définitions ou des formalismes mathématiques. Les comprendre, c'est pouvoir les relier aux phénomènes qu'ils ont pour objectif de représenter.

Compétence 3 et ses composantes

Participer à des échanges d'information à caractère scientifique et technologique

Faire preuve d'ouverture • Valider son point de vue ou sa solution en les confrontant avec ceux d'autres personnes • Intégrer à sa langue orale et écrite un vocabulaire scientifique et technologique approprié

Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique

Faire preuve de vigilance quant à la crédibilité des sources • Repérer des informations pertinentes • Saisir le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés • Établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques • Sélectionner les éléments significatifs

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique

Tenir compte du destinataire et du contexte • Structurer son message • Utiliser les formes de langage appropriées dans le respect des normes et des conventions établies • Recourir aux formes de présentation appropriées • Démontrer de la rigueur et de la cohérence

Attentes de fin de cycle

À la fin du deuxième cycle du secondaire, l'élève interprète et produit, sous une forme orale, écrite ou visuelle, des messages à caractère scientifique ou technologique.

Lorsqu'il interprète un message, il a recours aux langages associés à la science et à la technologie. Selon la situation, il utilise avec rigueur tant le langage scientifique, technologique, mathématique ou symbolique que le langage courant. Il tient compte de la crédibilité de la source d'information. Lorsque cela est nécessaire, il définit les mots, les concepts et les expressions en s'appuyant sur des sources crédibles. Parmi toute l'information consultée, il repère et utilise les éléments qu'il juge pertinents et nécessaires à l'interprétation juste du message.

Il produit des messages structurés et clairs et les formule avec rigueur. Il respecte les conventions tout en utilisant des modes de présentation appropriés. Il choisit et utilise adéquatement des outils, dont les technologies de l'information et de la communication, qui l'aident à bien livrer son message. S'il y a lieu, il adapte son message à ses interlocuteurs. Il est en mesure d'explicitier, en langage courant, le sens du message qu'il produit ou qu'il a interprété. Quand la situation l'exige, il confronte ses idées avec celles de ses interlocuteurs. Il défend alors ses idées, mais s'ajuste quand les arguments d'autrui lui permettent de mieux préciser sa pensée. En tout temps, il respecte la propriété intellectuelle dans la production de son message.

Critères d'évaluation

- Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique
- Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique
- Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science et à la technologie

Tel qu'il a été indiqué dans la section *Contexte pédagogique*, les compétences disciplinaires se développent selon trois aspects : la mobilisation en contexte, la disponibilité de ressources et le retour réflexif. Le tableau ci-dessous présente des paramètres qui caractérisent, pour chacun de ces aspects, les situations d'apprentissage et d'évaluation proposées aux élèves selon l'année du cycle. Ces paramètres permettent de varier le niveau de complexité et de difficulté des situations tout au long du cycle pour aider chaque élève à développer ses compétences.

	PREMIÈRE ANNÉE DU CYCLE	DEUXIÈME ANNÉE DU CYCLE
Mobilisation en contexte	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est bien circonscrit : la plupart des tâches sont communiquées. – La situation indique clairement les caractéristiques du message à construire ou à transmettre. – La situation indique clairement les éléments d'analyse du message. – La situation indique clairement les modes de présentation auxquels l'élève peut recourir (recherche, affiche, page Web, rapport de laboratoire ou d'atelier, présentation orale, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est moins circonscrit : les tâches ne sont pas toutes communiquées. – La situation donne peu de balises pour la construction ou la transmission du message. – La situation donne peu de balises sur les éléments d'analyse du message. – La situation donne peu de balises quant aux modes de présentation auxquels l'élève peut recourir (recherche, affiche, page Web, rapport de laboratoire ou d'atelier, présentation orale, etc.).
Disponibilité des ressources	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la première année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative des concepts abordés, faisant parfois appel à un certain formalisme mathématique. – Le répertoire de ressources matérielles mis à la disposition de l'élève est limité, l'amenant à faire certains choix. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation indique explicitement celles auxquelles l'élève doit faire appel. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la deuxième année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative et quantitative des concepts abordés, faisant souvent appel à un formalisme mathématique. – Le répertoire de ressources matérielles mis à la disposition de l'élève est étendu, l'amenant à faire des choix. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation n'indique pas celles auxquelles l'élève doit faire appel, mais exige qu'il en justifie le choix.
Retour réflexif	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments de retour réflexif et métacognitif où l'enseignant intervient individuellement et collectivement. – La situation précise clairement la nature des retours réflexifs et métacognitifs et la forme qu'ils doivent prendre. 	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments où l'élève effectue, individuellement ou en équipe, des retours réflexifs et métacognitifs. – La situation exige que des retours réflexifs et métacognitifs soient effectués, sans en préciser clairement la nature et la forme. Des traces orales ou écrites sont prévues.

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire

Le programme d'applications technologiques et scientifiques, tout comme le programme de science et technologie, vise la consolidation et l'enrichissement par l'élève d'une culture scientifique et technologique. Celle-ci revêt toutefois une orientation plus pratique et doit permettre à l'élève de mieux comprendre les phénomènes scientifiques et les réalisations technologiques afin d'agir plus efficacement sur les objets techniques, les systèmes technologiques, les produits ou les divers procédés présents dans son environnement. L'acquisition d'une telle culture s'appuie sur le développement des compétences et repose sur la construction et la mobilisation de ressources de divers ordres présentées ici en trois parties :

- les applications liées aux principaux champs technologiques;
- les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques;
- les concepts prescrits.

La première partie porte sur les applications. On entend par là une réalisation pratique – un objet, un système, un produit ou encore un procédé – qui se caractérise par son fonctionnement, par les matériaux qui la constituent, par les principes scientifiques et technologiques qui y sont associés et par la façon dont elle est construite et fabriquée. Quelles que soient leurs formes, les applications sont associées à l'un ou l'autre des sept champs technologiques abordés dans le programme.

La deuxième partie présente les stratégies, les attitudes et les techniques. Elles s'inscrivent en continuité avec celles du premier cycle. Une section consacrée aux démarches a été ajoutée. Il est important de rendre compte du fait que des démarches autres qu'expérimentales et de conception sont utilisées par les scientifiques et les technologues. Ces démarches ne sont pas déterminées à l'avance et leur choix découle plutôt du contexte et des problématiques à l'étude.

Les concepts prescrits de même que les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées dans ce programme constituent des ressources pour le développement des compétences.

La troisième partie présente les concepts prescrits dans le programme et regroupés, comme ceux du premier cycle, dans quatre univers : l'univers technologique; l'univers vivant; l'univers matériel; et la Terre et l'espace. Les concepts associés à ce dernier univers ne sont abordés qu'à la deuxième année du cycle. Ce regroupement a pour objectif de faciliter le repérage des concepts-clés que l'élève doit s'approprier. Comme ces univers sont interreliés, ils ne doivent pas être abordés séparément ni de manière séquentielle. Il en est de même des concepts, qui ne doivent pas être abordés selon une séquence chronologique prédéterminée, mais au moyen de situations d'apprentissage et d'évaluation intégratives.

Chaque univers est présenté dans un tableau en deux colonnes. Dans la première figurent les concepts généraux ainsi que les orientations, qui élaborent, contextualisent et précisent les assises conceptuelles pour chacune des années du cycle, tout en laissant une certaine latitude à l'enseignant. À l'occasion, certaines notes fournissent des précisions supplémentaires sur la portée des concepts à l'étude. La deuxième colonne présente la liste, non limitative, des concepts prescrits. Il est en effet souhaitable que la richesse des situations d'apprentissage et d'évaluation permette d'aller au delà des exigences minimales.

Un tableau de repères culturels est présenté à la fin de chaque univers. Destinés à enrichir les situations d'apprentissage et d'évaluation, ces repères contribuent à donner un caractère intégratif aux activités pédagogiques en les ancrant dans la réalité sociale, culturelle ou quotidienne de l'élève. Ils permettent souvent d'établir des liens avec les domaines généraux de formation et avec d'autres domaines d'apprentissage.

Finalement, un tableau synthèse offre une vue d'ensemble de tous les concepts prescrits pour chaque année du cycle.

Applications liées aux principaux champs technologiques

Pour favoriser l'intégration des différents univers, les concepts prescrits ont été organisés autour d'applications liées à sept champs technologiques : technologies médicales, technologies agricoles et agroalimentaires, technologies de l'énergie, technologies de l'information et de la communication, technologies des transports, technologies de production manufacturière et technologies de la construction. Les réalisations qui leur sont associées déterminent une perspective où les savoirs sont orientés vers l'action, ce qui permet l'établissement de liens entre les concepts théoriques et les applications technologiques et scientifiques.

Les **technologies médicales** contribuent à prolonger la vie et à en améliorer la qualité. Comme les technologies de chacun des autres champs, elles conjuguent des connaissances et des stratégies issues de plusieurs univers. Par exemple, en première année du cycle, l'étude du stéthoscope permet de développer les compétences disciplinaires en mobilisant des savoirs provenant de l'univers vivant (systèmes circulatoire et respiratoire), de l'univers matériel (relation entre pression et volume, caractéristiques de l'onde, etc.) et de l'univers technologique (dessin technique, ingénierie mécanique, matériaux, fabrication, etc.). Les objets, les systèmes et les produits associés aux technologies médicales sont également l'occasion de sensibiliser l'élève à la médecine préventive ou à la bonne alimentation.

Les **technologies agricoles et agroalimentaires** portent sur la production agricole, sur la transformation des aliments et des produits et sur leur conservation. Les biotechnologies y occupent une place importante. Les machines agricoles, les procédés de conservation et le procédé de pasteurisation appartiennent à ce champ technologique et peuvent être étudiés de manière à mobiliser plusieurs des concepts prescrits en première année du cycle.

Les **technologies de l'énergie** visent à assurer l'accessibilité, la transformation et l'utilisation de l'énergie. Le choix des formes d'énergie à utiliser

influe sur la société de plusieurs façons et entraîne de multiples conséquences sur l'environnement. Par exemple, l'étude des divers moyens de production d'énergie pourrait s'effectuer à partir de la conception d'un modèle réduit de centrale hydroélectrique ou de l'analyse technologique d'un ventilateur. La transformation et l'utilisation de l'énergie pourraient par ailleurs être abordées par l'entremise de l'analyse d'appareils électroménagers.

Pour favoriser l'intégration des différents univers, les concepts prescrits ont été organisés autour d'applications associées aux champs technologiques.

Les **technologies de l'information et de la communication** permettent la manipulation, la conversion, le contrôle, le stockage, la gestion et la transmission de l'information. D'une influence grandissante, elles entraînent des changements qui transforment radicalement la société. Dans le cadre de ce champ tech-

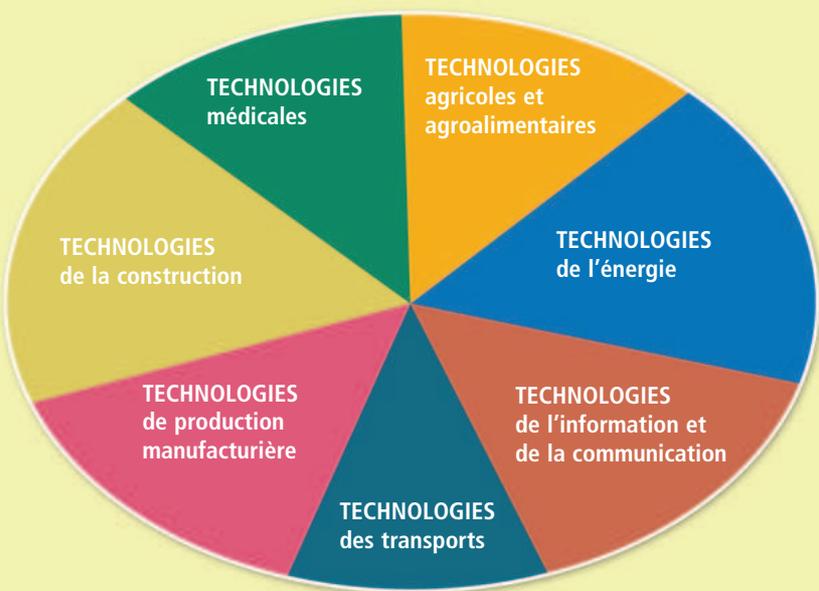
nologique, l'étude d'un microphone, par exemple, offrirait l'occasion de mobiliser plusieurs concepts associés à l'univers matériel (fréquence, longueur d'onde, amplitude, échelle des décibels, etc.), à l'univers vivant (fonction de relation, récepteurs sensoriels, etc.) et à l'univers technologique (langage des lignes, ingénierie, matériaux, fabrication, etc.).

Les **technologies des transports** déterminent un réseau complexe de composantes interconnectées qui opèrent aussi bien sur terre que sur l'eau, dans les airs ou dans l'espace. Le transport des marchandises et des individus constitue aujourd'hui un enjeu de société important. Certains concepts associés à l'univers matériel s'avèrent particulièrement utiles dans l'étude des moyens de transport tels que ceux qui sont en rapport avec le mouvement des mobiles terrestres, avec la flottabilité des bateaux ou avec l'écoulement de l'air sur les ailes des avions. Les concepts associés à l'univers vivant interviennent également dans l'étude des impacts de divers moyens de transport, notamment sur les modifications aux écosystèmes.

Les **technologies de production manufacturière** visent à produire en série des objets, des systèmes et des produits, et ce, de manière efficace et compétitive. Dans un contexte de mondialisation, ces technologies ont une influence importante sur la performance des entreprises et sur les habitudes de consommation des individus. Dans le cadre de situations d'apprentissage et d'évaluation associées à ce champ, l'accent pourrait être mis sur les divers moyens utilisés pour augmenter la quantité et la qualité des produits fabriqués (machines à transfert, systèmes automatisés, etc.).

Enfin, les **technologies de la construction** déterminent les processus et les matériaux avec lesquels on conçoit et on construit des structures. Alors que la production manufacturière utilise amplement la chaîne de fabrication, les technologies de la construction font plutôt appel à des procédés adaptés à chaque réalisation. Par exemple, la construction d'un tunnel intègre des concepts liés à l'univers technologique (langage des lignes, ingénierie, matériaux, fabrication), à l'univers matériel (force, types de forces, équilibre de deux forces, etc.) et à la Terre et l'espace (lithosphère, hydrosphère).

Exemples d'objets, de systèmes, de produits et de procédés liés aux principaux champs technologiques

			TECHNOLOGIES MÉDICALES	TECHNOLOGIES AGRICOLES ET AGROALIMENTAIRES
			<ul style="list-style-type: none"> – Médicaments – Vaccins – Antiseptiques – Hormones – Pilule contraceptive – Vitamines – Organes artificiels : cœur, rein, etc. – Appareils et instruments : stéthoscope, microscope, appareil à ultrasons, appareils de radiologie, tomodynamomètre, appareils d'anesthésie, appareils de chirurgie, etc. – Technologie bionique : signaux et électronique – Appareils pour personnes handicapées – Stérilisation – Greffes et transplantations d'organes – Transfusions sanguines – Culture de tissus – Nutraceutiques 	<ul style="list-style-type: none"> – Appareils utilisés en agriculture – Fertilisants – Insecticides – Organismes génétiquement modifiés (OGM) – Fabrication du pain, des pâtes, des conserves, du lait, du beurre, du fromage, de la margarine, des huiles alimentaires, du jus de fruit, du chocolat, du café, etc. – Appareils de conservation des aliments : congélateur, emballage sous vide, etc. – Pasteurisation – Enzymes – Cosmétiques : savon, parfum, etc. – Traitement des déchets – Appareils d'irrigation des sols
TECHNOLOGIES DE L'ÉNERGIE	TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION	TECHNOLOGIES DES TRANSPORTS	TECHNOLOGIES DE PRODUCTION MANUFACTURIÈRE	TECHNOLOGIES DE LA CONSTRUCTION
<ul style="list-style-type: none"> – Appareils liés à l'industrie du pétrole : extraction, raffinage, distribution, utilisation – Éoliennes – Machines à vapeur – Moteurs à combustion interne – Moteurs électriques – Turbines – Turboréacteur – Laser – Piles, batteries et accumulateurs – Centrales électriques – Appareils électriques à la maison : éclairage, chauffage, appareils divers (laveuse, sècheuse, cuisinière, réfrigérateur, lave-vaisselle, micro-ondes, aspirateur, fer à repasser, chaîne stéréophonique, télévision, ordinateur, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> – Appareils d'imprimerie – Reprographie – Photogravure – Appareils photo et caméras – Télégraphe – Téléphone – Radio – Télévision – Cinéma – Projecteur et écran de cinéma – Appareils d'enregistrement et de production du son : magnétophone, haut-parleur, microphone, mixeur, etc. – Appareils d'enregistrement et de production vidéo : caméscope, magnéto-scope, table de montage etc. – Ordinateur et périphériques – Satellites de télécommunications – Radar et sonar – Appareils optiques : jumelle, télescope, périscope 	<ul style="list-style-type: none"> – Bicyclette – Systèmes ferroviaires : locomotive, train, réseau – Ballons et dirigeables – Navires : bateau, sous-marin, aéroglisseur, etc. – Automobile – Avion – Engins spatiaux : fusée, navette, station spatiale, etc. – Véhicules hybrides – Pneu – Cartes routières électroniques 	<ul style="list-style-type: none"> – Produits fabriqués en général – Instruments et appareils : thermomètre, baromètre, anémomètre, micromètre, comparateur, balance, horloge, chronomètre, boussole, etc. – Outils : manuels, électriques, pneumatiques, hydrauliques, etc. – Machines : machine agricole, machine à excaver, machine-outil, etc. – Systèmes : mécaniques, électriques, hydrauliques, pneumatiques, électroniques, informatiques, etc. – Objets utilitaires : appareil électroménager, serrure, robinet, meuble, pompe, skis, instrument de musique, jouet, etc. – Véhicules motorisés – Métier à tisser et machine à coudre – Fibres naturelles et artificielles – Vêtements 	<ul style="list-style-type: none"> – Bâtiments : maison, gratte-ciel, édifice commercial, etc. – Réseaux routiers : route, autoroute, etc. – Éclairage public – Ponts – Tunnels – Barrages – Écluses – Aqueducs – Alimentation en eau – Épuration des eaux usées – Aéroport – Téléphérique – Ascenseur – Escalier mécanique

Démarches, stratégies, attitudes et techniques

Cette section porte sur les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées par le programme. Bien que distincts des concepts, ces éléments contribuent tout autant au développement des compétences et méritent une attention particulière.

Démarches

Diverses démarches sont présentées, soit les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale, empirique, d'analyse et de design, auxquelles s'ajoute la démarche industrielle, qui comprend la démarche technologique de conception et la démarche de production. Elles correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en applications technologiques et scientifiques. Ces démarches ne doivent pas être mises en œuvre isolément, mais dans des situations d'apprentissage et d'évaluation qui font appel à plusieurs d'entre elles. Elles ne sont pas linéaires et supposent un va-et-vient entre les diverses étapes du processus d'investigation. Leur utilisation cohérente et leur articulation constituent une manifestation de compétence.

Démarche de modélisation

La démarche de modélisation consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule mathématique, équation chimique, programme informatique ou maquette. Au fur et à mesure que progresse la démarche de modélisation, le modèle se raffine et se complexifie. Il peut être valide pendant un certain temps et dans un contexte spécifique, mais, dans plusieurs cas, il est appelé à être modifié ou rejeté. Il importe également de considérer le contexte dans lequel il a été construit. Il doit posséder certaines caractéristiques, entre autres celles de faciliter la compréhension de la réalité, d'expliquer certaines propriétés de ce qu'il vise à représenter et de prédire de nouveaux phénomènes observables.

Démarche d'observation

La démarche d'observation est un processus actif qui permet d'interpréter des faits selon des critères déterminés par l'observateur ainsi que par ce qui

fait consensus dans un cadre disciplinaire donné. À la lumière des informations recueillies, l'élève doit en arriver à une nouvelle compréhension des faits qui reste toutefois tributaire du contexte dans lequel s'effectue l'observation. Par sa manière d'interpréter et d'organiser les informations, l'observateur fait une relecture du monde physique en tenant compte de ses présupposés et des schémas conceptuels qui font partie intégrante de la grille qu'il applique aux faits observés. Ainsi, toute observation repose déjà sur l'établissement d'un modèle théorique provenant de celui qui observe.

Démarche expérimentale

La démarche expérimentale implique tout d'abord la formulation de premières explications. Elle permet d'amorcer une tentative de réponse et de définir le cadre dans lequel se fera l'expérimentation. L'élève doit ensuite s'engager dans l'élaboration d'un protocole expérimental dans lequel il reconnaîtra un certain nombre de variables en vue de les manipuler. Le but du protocole sera de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses. Les interactions entre les diverses phases de la démarche expérimentale permettent de soulever de nouveaux questionnements, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de prendre en compte les limites de l'expérimentation.

Démarche empirique

La démarche empirique est une recherche de terrain sans manipulation de variables. Cette absence de manipulation n'enlève rien à sa validité méthodologique; un sondage, par exemple, est une démarche empirique qui n'a rien d'aléatoire. Les modèles intuitifs sont bien souvent à l'origine de cette démarche. Elle peut se révéler adéquate dans certaines situations puisqu'elle permet d'explorer et de se représenter les éléments d'un problème. Souvent, elle génère plusieurs idées et permet d'émettre des hypothèses et de concevoir des théories provisoires. Elle permet également de mettre au point des techniques et d'explorer des avenues possibles pour d'autres recherches.

Démarche technologique d'analyse

L'analyse d'un objet technique ou d'un système technologique implique la reconnaissance de sa fonction globale, de façon à cerner le besoin auquel il répond. L'examen des diverses composantes d'un objet technique ou d'un système technologique s'avère également nécessaire pour déterminer leurs fonctions respectives. L'un ou l'autre pourra éventuellement être démonté afin de mieux comprendre les principes mis en cause dans son fonctionnement et sa construction. Cette forme d'analyse permet de réaliser comment l'objet ou le système constitue l'assemblage concret et tangible des diverses solutions retenues pour répondre à un besoin.

Démarche de design

La démarche de design est une activité créatrice qui permet, à partir d'un besoin exprimé, de conceptualiser et de matérialiser un univers de formes, de couleurs, de matières et de textures. Dans le travail d'élaboration et de réalisation d'un objet ou d'un système, cette démarche oblige à considérer non seulement les apparences extérieures, mais également les relations de structure et de fonction qui font d'un produit une unité cohérente où l'aspect fonctionnel et l'esthétique répondent à des impératifs de fabrication et d'utilisation. En design, les éléments fonctionnels, les solutions de construction, les matériaux, les dessins, les maquettes, les techniques et la fabrication s'appuient sur un contexte et des contraintes dont il faut tenir compte.

Les étapes qui caractérisent la démarche de design amènent l'élève tantôt à raisonner, tantôt à agir. Qu'il s'agisse de l'étude du cahier des charges, d'une recherche créative et du choix d'une solution, d'une mise en volume, de l'élaboration d'un prototype ou encore d'industrialisation et de commercialisation, la démarche de design accorde une place importante à l'autonomie de l'élève. Au regard d'une situation ou d'une question, elle doit lui permettre d'envisager une multiplicité de points de vue possibles, d'émettre des hypothèses et de faire des inférences.

Démarche industrielle

La démarche industrielle est composée de la démarche technologique de conception et de la démarche de production.

Démarche technologique de conception

La démarche de conception suppose d'abord la détermination d'un besoin. L'étude du problème technologique qui s'ensuit doit tenir compte des diverses conditions et contraintes à respecter (cahier des charges). S'amorce alors le travail véritable de conception : recherche de solutions au regard du fonctionnement et de la construction; précision des formes et des matériaux; et dessin des pièces.

La fabrication du prototype, les essais et la validation complètent l'exercice. C'est par un examen approfondi du prototype qu'il a conçu et sa mise à l'essai que l'élève peut évaluer la solution qu'il préconise et vérifier si elle est conforme aux exigences du cahier des charges. La démarche de conception, qui fait appel à la logique, à la rigueur, à l'abstraction et à l'exécution, permet à l'élève de passer du raisonnement à la pratique. Des retours réflexifs, en cours et en fin de processus, seront l'occasion d'analyser son cheminement, de valider ses choix et de proposer, le cas échéant, des améliorations à la solution retenue.

Démarche de production

La validation (homologation) du prototype complète la phase relative à la conception. Normalement, l'étape suivante consiste à amorcer la démarche de production en effectuant une étude de fabrication qui comprend l'analyse des dessins de détail et d'ensemble de même que la lecture des gammes de fabrication et d'assemblage en vue d'organiser le processus de production : pièces à fabriquer, postes de travail, matériaux, gabarits, etc. Il ne reste ensuite qu'à exécuter chacune des opérations de fabrication.

Dans l'industrie, une fois la production terminée, les objets ou les systèmes fabriqués en série sont commercialisés. Ils sont alors utilisés individuellement ou collectivement. À la fin de son cycle de vie, un produit est soit recyclé, soit détruit.

Cette démarche fait appel à des savoirs qui requièrent abstraction, dextérité et organisation. Elle donne à l'élève une vision plus réaliste du monde de l'industrie tout en l'habituant à travailler en étroite collaboration avec ses pairs. Enfin, elle exige une exécution empreinte de logique, de rigueur et de précision.

Stratégies

Certaines stratégies, mobilisées et utilisées dans le contexte de la science et de la technologie, soutiennent le développement des trois compétences de la discipline.

STRATÉGIES D'EXPLORATION	STRATÉGIES D'ANALYSE
<ul style="list-style-type: none">– Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques, technologiques et contextuelles éventuellement utiles pour cerner un problème ou prévoir des tendances– Évoquer des problèmes similaires déjà résolus– Généraliser à partir de plusieurs cas particuliers structurellement semblables– Anticiper les résultats d'une démarche– Élaborer divers scénarios possibles– Explorer diverses pistes de solution– Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques ou technologiques	<ul style="list-style-type: none">– Déterminer les contraintes et les éléments importants pour la résolution d'un problème– Diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples– Faire appel à divers modes de raisonnement (ex. inférer, induire, déduire, comparer, classifier, sérier) pour traiter les informations– Reasonner par analogie pour traiter des informations et adapter des connaissances scientifiques et technologiques– Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se situer au regard d'une problématique scientifique ou technologique

Attitudes

L'adoption de diverses attitudes facilite l'engagement de l'élève dans les démarches utilisées et sa responsabilisation par rapport à lui-même et à la société. Les attitudes constituent ainsi un facteur important dans le développement des compétences.

ATTITUDES INTELLECTUELLES	ATTITUDES COMPORTEMENTALES
<ul style="list-style-type: none">– Curiosité– Sens de l'initiative– Goût du risque intellectuel– Intérêt pour la confrontation des idées– Considération de solutions originales– Rigueur intellectuelle– Objectivité– Sens du travail méthodique– Souci d'une langue juste et précise	<ul style="list-style-type: none">– Discipline personnelle– Autonomie– Persévérance– Sens du travail soigné– Sens des responsabilités– Sens de l'effort– Coopération efficace– Souci de la santé et de la sécurité– Respect de la vie et de l'environnement– Écoute– Respect de soi et des autres– Esprit d'équipe– Solidarité internationale à l'égard des grands problèmes de l'heure

Techniques

Souvent incontournables, les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en pratique de connaissances théoriques. Elles sont réparties en deux grandes catégories, selon qu'elles sont propres à la technologie ou à la science.

TECHNOLOGIE		SCIENCE
Langage graphique	Fabrication	
<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none">– utilisation d'échelles– représentation graphique à l'aide d'instruments (projection orthogonale à vues multiples, isométrie, perspective)– schématisation– utilisation d'un logiciel de dessin vectoriel (deux dimensions et trois dimensions)	<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none">– utilisation sécuritaire des machines et des outils (scie à ruban, perceuse, ponceuse, marteau, tournevis, pinces, etc.)– mesurage et traçage– usinage (sciage, perçage, limage, dénudage et épissures, soudure à l'étain ou au plomb, etc.)– finition– vérification et contrôle– montage et démontage– fabrication d'une pièce	<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none">– utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire– utilisation d'instruments de mesure– utilisation d'instruments d'observation– préparation de solutions– collecte d'échantillons

Concepts prescrits (première année du cycle)

La plupart des concepts prescrits du programme d'applications technologiques et scientifiques sont semblables à ceux du programme de science et technologie. Ce choix vise à faciliter le passage du parcours de formation générale appliquée au parcours de formation générale, entre la première et la deuxième année du cycle.

Les concepts abordés en première année du cycle sont plus étroitement liés aux applications propres aux technologies médicales et aux technologies agricoles et agroalimentaires. Le tableau de la page 28 présente quelques exemples d'objets, de systèmes, de produits et de procédés associés à chacun de ces champs technologiques. Puisqu'il s'agit d'exemples, ils n'ont pas un caractère prescrit.

Univers technologique (première année du cycle)

En première année du cycle, l'univers technologique est caractérisé par des concepts généraux liés au langage des lignes, à l'ingénierie, aux matériaux, à la fabrication (ce dernier aspect étant traité aussi dans la section qui porte sur les techniques) et à la biotechnologie. Les quatre premiers concepts s'inscrivent dans une logique de connaissances essentielles et de pratiques déterminantes auxquelles on a recours quand vient le temps de concevoir des objets techniques et des systèmes technologiques ou de procéder à leur étude. Pour cette raison, on fera souvent appel, tout au long du cycle, aux mêmes informations et aux mêmes ressources pour résoudre un problème de conception ou d'analyse. Le cinquième concept général aborde une dimen-

sion qui nous interpelle de manière particulière : celle des technologies appliquées aux vivants.

Les objets, les systèmes, les produits et les procédés utilisés au quotidien et ceux qui ont un usage particulier tirent leur existence de la mise en pratique d'une diversité de savoirs. Ils sont de véritables fils conducteurs qui facilitent la compréhension, l'intégration et l'expérimentation de multiples concepts. Les applications issues des divers champs technologiques en fournissent autant d'exemples. Les concepts prescrits qui se rattachent à l'ensemble des concepts généraux visent une meilleure compréhension du milieu de vie et une plus grande capacité d'agir sur lui.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Langage des lignes</p> <p>Fondé sur des modes de représentation géométrique conventionnels et relativement indissociable de l'invention et de l'innovation, le dessin technique est un langage qui permet de préciser, de fixer et de matérialiser sa pensée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Tracés géométriques – Formes de représentation (croquis, perspective, projection oblique) – Lignes de base

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Langage des lignes (Suite)</p> <p>La justification et la signification de toutes les lignes et les informations d'un dessin technique sont généralement associées à la géométrie et à divers principes relatifs aux échelles ou à différentes formes de représentation. La théorie de la projection orthogonale facilite, entre autres, le dessin de détail et la représentation isométrique. La figuration des formes en vue éclatée permet de visualiser avec facilité chacune des pièces qui composent un objet. Le recours aux coupes est parfois nécessaire pour montrer les particularités d'une pièce. La cotation complète les informations sur les caractéristiques de chacune des composantes de l'objet ou du système. Enfin, conformément aux règles relatives à leur inscription, certains dessins renferment aussi des informations en rapport avec les standards de l'industrie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Échelles – Projections orthogonales (vues multiples, isométrie) – Projection axonométrique : vue éclatée (lecture) – Coupes et sections – Cotation et tolérances – Standards et représentations (schémas, symboles)
<p>Ingénierie</p> <p>La conception ou l'analyse d'un objet technique ou d'un système technologique repose sur l'appropriation de concepts fondamentaux liés à la mécanique et à l'électricité et sur des pratiques de conception et d'analyse propres à l'ingénierie.</p> <p>En mécanique, ces concepts font référence aux liaisons des pièces et aux fonctions mécaniques les plus communes, de même qu'à la transmission et à la transformation du mouvement (modèles familiers de liaisons, de guidages et de mécanismes permettant un mouvement de rotation ou de translation). Dans la conception et l'analyse d'un objet ou d'un système, un tel bagage technique permet de justifier l'utilisation de formes et de matériaux, d'appliquer ou d'expliquer des principes de fonctionnement et d'exploiter ou de faire ressortir des solutions de construction.</p> <p>En électricité, les concepts prescrits concernent les diverses composantes et leurs fonctions (alimentation, conduction, isolation, protection et commande). Leur étude précise permet de les choisir et de les agencer de manière appropriée.</p>	<p>Mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Liaisons types des pièces mécaniques – Fonctions types – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection – Fonction de commande (types : levier, poussoir, bascule, commande magnétique)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Matériaux</p> <p>Le fait qu'il soit possible d'agir sur les propriétés des matériaux s'avère un important incitatif pour en faire l'exploration et l'exploitation. L'utilisation appropriée d'un matériau suppose une bonne connaissance des éléments liés à ses caractéristiques fonctionnelles et à sa structure, ce qui permet d'avoir une idée juste de son comportement quand il est utilisé. Les concepts qui se rattachent aux métaux, aux matières plastiques et au bois sous-tendent l'étude de leur composition, de leurs propriétés et de leurs caractéristiques d'utilisation.</p> <p>Sur le plan technologique, les métaux et alliages ferreux occupent une très grande place. Ils se trouvent sous une forme ou sous une autre dans plusieurs secteurs de l'activité humaine. L'évolution technique des civilisations est d'ailleurs étroitement liée au développement de ces métaux. Grâce à leurs propriétés et à la facilité relative de les obtenir et de les travailler, les métaux et alliages non ferreux se prêtent à de nombreuses applications.</p> <p>L'apparition des matières plastiques a été une véritable révolution. D'excellentes propriétés physiques et de nombreuses qualités comme leur résistance, leur durabilité ou encore la possibilité de les usiner avec une très grande précision expliquent leur emploi sans cesse croissant.</p> <p>Le bois demeure également un matériau très répandu. Bien que ses propriétés diffèrent d'une espèce à l'autre (résineux, feuillus), ses emplois sont multiples.</p> <p>Les récents développements dans le domaine de la biotechnologie nous amènent à considérer une nouvelle forme de matériau, soit la cellule vivante. Son utilisation dans les applications de la science et de la technologie va de la fécondation <i>in vitro</i> au séquençage de gènes pour des applications commerciales et à la mise au point de tests diagnostiques de maladies génétiques. L'étude de la cellule est essentielle à la compréhension des diverses manipulations génétiques. On pense particulièrement au rôle joué par la membrane cellulaire (protection et contrôle des entrées et des sorties de la cellule) et par le noyau et ses constituants comme les chromosomes et les gènes (contrôle de l'information génétique) lors des manipulations génétiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (traction, compression, torsion) – Propriétés mécaniques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Alliages à base de fer • Métaux et alliages non ferreux • Matières plastiques (thermoplastiques) • Bois et bois modifiés – Cellule (composantes de la cellule, membrane cellulaire, noyau, chromosomes, gènes)
<p>Fabrication</p> <p>Les concepts associés à la fabrication constituent des préalables importants. Ils servent de repères au moment d'exécuter une ou des techniques. Les machines et l'outillage donnent une idée juste de ce qu'est le façonnage. L'ébauchage et la finition de même que les divers aspects du traçage montrent ce qu'implique la fabrication. Les éléments relatifs à la mesure sont indispensables pour la validation et la vérification de toute pièce fabriquée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Façonnage <ul style="list-style-type: none"> • Machines et outillage – Fabrication <ul style="list-style-type: none"> • Ébauchage et finition • Caractéristiques du traçage – Mesures <ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe (règle)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Biotechnologie</p> <p>L'espoir mais aussi les craintes que suscitent les avancées spectaculaires de la biotechnologie commandent qu'on s'en préoccupe. L'étude des éléments de contenu en cause doit donc englober à la fois les aspects conceptuels, éthiques et pratiques, notamment les procédés auxquels il faudra accorder une grande place. Certains seront examinés plus attentivement : la pasteurisation, la fabrication du vaccin, l'insémination artificielle et la culture cellulaire.</p> <p>La pasteurisation permet d'éviter l'altération des produits alimentaires et de conserver leurs propriétés nutritives. Le procédé est depuis longtemps exploité, notamment pour le traitement du lait et des jus de fruits.</p> <p>Le but principal du vaccin est de permettre la fabrication, par le corps, d'agents biologiques naturels ciblés qui renforcent les défenses de l'organisme devant des éléments pathogènes identifiés.</p> <p>L'insémination artificielle est une réponse possible à l'infertilité. Le recours à l'insémination artificielle pour la reproduction animale (bovins, équins, aviculture, aquaculture, etc.) a conduit à la mise au point d'équipements, d'instruments et de techniques de plus en plus sophistiqués. La fécondation <i>in vitro</i> (FIV), par exemple, a fait naître de nouveaux espoirs dans le traitement de la stérilité tout en permettant de mieux comprendre les mécanismes de la procréation humaine. Les réponses apportées par l'insémination artificielle aux problèmes d'infertilité, de conservation du patrimoine génétique ou encore d'autosuffisance alimentaire incitent à la réflexion et à la vigilance.</p> <p>L'étude de la cellule doit inclure le cas des cellules cultivées et toucher la façon de les obtenir, leur croissance, leur comportement et leur conservation. D'autres aspects, tels que la stérilisation du matériel utilisé, les caractéristiques des milieux de cultures, les paramètres physicochimiques et les normes éthiques, doivent aussi être pris en considération.</p> <p>Lors de l'étude des concepts liés aux biotechnologies, il est important de garder à l'esprit que bien des avenues restent encore inexplorées, ce qui devrait justifier une approche prudente à leur sujet. Il suffit de penser à l'ensemble du génome qui n'est pas encore codifié et dont on ne comprend pas encore toutes les dimensions. L'intervention sur les gènes peut également amener de nouvelles résistances à divers virus et bactéries. Dans le domaine de l'agroalimentaire, la présence de nouvelles espèces transgéniques modifie la dynamique des réseaux alimentaires, ce qui a directement ou indirectement de nombreux impacts à divers niveaux de ces réseaux. Tous les effets potentiels sur la santé, particulièrement en ce qui concerne le système immunitaire et les nouvelles protéines métabolisées, sont loin d'avoir été mis au jour, ce qui constitue un défi pour le monde de la recherche scientifique et technologique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Procédés <ul style="list-style-type: none"> • Pasteurisation • Fabrication du vaccin • Insémination artificielle • Culture cellulaire

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Alexandre Graham Bell Henri Bessemer John Dunlop Guglielmo Marconi Gustave Eiffel Gregor Mendel Louis Pasteur	Invention Québec Écoles et facultés de génie Institut de recherche en électricité du Québec Centre de recherche industrielle du Québec Institut Armand-Frappier	Conservation des aliments Matières plastiques Manipulations génétiques Domotique	Imprimerie Expositions universelles

Univers vivant (première année du cycle)

Au deuxième cycle du secondaire, les concepts associés à l'univers vivant s'articulent autour de la façon dont les principaux systèmes du corps humain assurent diverses fonctions nécessaires au maintien de la vie. Cinq concepts généraux sont présentés dans cette section : les systèmes digestif, respiratoire, circulatoire, excréteur et reproducteur. Ils sont regroupés selon les fonctions qu'ils assument dans le corps humain : la nutrition, les relations et la reproduction.

Sous l'angle particulier des applications technologiques et scientifiques, les concepts du vivant sont mis à profit lors de l'étude d'applications diverses. Qu'on s'intéresse à la prévention et au traitement des maladies, à l'aide au diagnostic ou aux moyens de prolonger la vie, les technologies médicales – celles qui sont associées au champ des technologies agricoles et agroalimentaires et celles qui sont liées à la production manufacturière – offrent de multiples exemples de réalisations qui ont changé de façon significative les pratiques dans le domaine de la santé.

Orientations	Concepts prescrits
Systèmes – Fonction de nutrition	
<p>Système digestif</p> <p>L'être humain est tributaire d'un apport régulier d'aliments provenant d'autres organismes. Cet apport est indispensable, car il assure la construction et la réparation des tissus de même que la production de chaleur et d'énergie sous différentes formes (mécanique, calorifique, etc.).</p> <p>Les transformations mécaniques et chimiques de la nourriture sont effectuées dans le système digestif selon quatre étapes de traitement : ingestion, digestion, absorption et élimination.</p> <p>Les glandes digestives assurent la décomposition chimique des aliments. Les glandes salivaires produisent presque toute la salive qui a des fonctions multiples (humidification, digestion partielle des glucides, pouvoir antibactérien, etc.). Les sécrétions gastriques (acide chlorhydrique, mucus, pepsine, etc.) interviennent dans la digestion des protéines. L'intestin grêle et ses structures annexes (pancréas, foie) sécrètent divers sucs afin d'amorcer la digestion des lipides. Les sels biliaires jouent un rôle important dans la digestion des graisses. L'intestin grêle joue aussi un rôle majeur dans la digestion des glucides, des protéines, des lipides et dans l'absorption des nutriments. L'absorption d'eau et d'électrolytes constitue une des fonctions essentielles du gros intestin. Le dernier segment du gros intestin (rectum) entrepose les matières fécales jusqu'à leur élimination.</p> <p>Plusieurs applications technologiques et scientifiques contribuent au traitement des désordres du système digestif. La découverte de l'insuline sauve un nombre sans cesse croissant d'individus. Par ailleurs, certaines techniques comme la laparoscopie ou l'endoscopie assurent une visualisation directe des organes ciblés, entraînant un diagnostic plus rapide. D'autres techniques, comme la cholécystectomie, permettent de réduire de façon significative la durée d'hospitalisation.</p> <p>Dans le domaine de la transformation des aliments, les recherches ont un impact considérable sur la diversité des produits offerts en épicerie. Les produits dérivés de l'agriculture biologique suscitent de plus en plus l'intérêt des gens préoccupés par l'influence de l'alimentation sur leur santé. La redécouverte en recherche médicale de substances naturelles à effet préventif sur certaines maladies suscite de plus en plus d'intérêt et l'espoir de pouvoir empêcher ou retarder l'apparition de cancers ou de maladies coronariennes.</p>	<ul style="list-style-type: none">– Types d'aliments (eau, protéides, glucides, lipides, vitamines, minéraux)– Valeur énergétique des aliments– Tube digestif (bouche, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus)– Transformation des aliments (mécanique, chimique)– Glandes digestives (glandes salivaires, glandes gastriques, pancréas, foie, glandes intestinales)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Systèmes – Fonction de nutrition (Suite)	
<p>Systèmes circulatoire et respiratoire</p> <p>Pour accomplir leurs activités métaboliques, les cellules de l’organisme humain ont besoin d’un apport constant en oxygène et d’une élimination adéquate du dioxyde de carbone. Les systèmes de transport (respiratoire, circulatoire et lymphatique), qui permettent les échanges entre les organes et les cellules, sont essentiels au maintien de la vie.</p> <p>Le système respiratoire assure l’apport en oxygène et l’élimination du dioxyde de carbone, tandis que l’échange d’oxygène et de dioxyde de carbone assure la respiration cellulaire. La circulation sanguine permet ces échanges en empruntant diverses voies et divers types de vaisseaux alors que les constituants du sang jouent un rôle important dans le transfert de diverses substances à l’organisme.</p> <p>Le système immunitaire rend possible la défense de l’organisme humain contre des virus, des bactéries et d’autres menaces extracellulaires. L’immunité active peut être acquise naturellement (production d’anticorps) ou artificiellement (vaccination). Les troubles du système immunitaire peuvent causer des maladies comme les allergies et l’immunodéficience.</p> <p>Sous l’angle des applications liées aux technologies médicales, l’accès à des organes artificiels pour les patients en attente d’une transplantation augmente de beaucoup leurs chances de survie. Certains instruments comme la canule cardiaque permettent maintenant d’éviter d’ouvrir la cavité thoracique pour traiter certaines lésions coronariennes. Plusieurs appareils à ventilation positive empêchent l’apnée du sommeil et améliorent la qualité de vie de patients atteints de maladies pulmonaires chroniques.</p> <p>La découverte et la production de vaccins a permis l’éradication de graves maladies comme la variole et le contrôle de la propagation de l’influenza. Les nouveaux vaccins à base d’ADN vont potentiellement révolutionner le traitement de maladies métaboliques comme le diabète.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Système respiratoire (fosses nasales, pharynx, trachée, bronches, poumons) – Fonctions des constituants du sang (plasma, éléments figurés) – Compatibilité des groupes sanguins – Système circulatoire (voies de circulation, types de vaisseaux) – Système lymphatique (lymphe, anticorps)
<p>Système excréteur</p> <p>Le système urinaire joue un rôle essentiel dans la régulation du milieu interne des organismes. Ses fonctions-clés sont la filtration du sang et l’élimination des déchets.</p> <p>Les reins retiennent ou excrètent l’eau et les électrolytes, ce qui concourt à les maintenir en équilibre dans le milieu intérieur. L’action des glandes sudoripares contribue également au maintien de l’équilibre hydrique et à l’élimination de déchets. Le transport des gaz par le sang et le rejet de dioxyde de carbone par les poumons aident à stabiliser le pH du sang.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Système urinaire (reins, uretères, vessie, urètre) – Composants de l’urine (eau, sels minéraux, urée) – Maintien de l’équilibre sanguin (reins, poumons, glandes sudoripares)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
 Systèmes – Fonction de nutrition (Suite)	
<p>Système excréteur (Suite)</p> <p>La régulation des liquides corporels et l'élimination des déchets métaboliques assurent le maintien de l'équilibre hémodynamique et ionique.</p> <p>La technologie des membranes semi-perméables a permis l'invention des dialyseurs. Ces membranes peuvent remplacer des organes malades qui n'accomplissent plus efficacement leurs fonctions de régulation des fluides corporels. Du côté de la production de médicaments, les diurétiques sont essentiels aux patients dont les reins ne sont plus en mesure de filtrer le sang. La consommation de boissons énergisantes et hydratantes permet de maintenir l'équilibre hémodynamique et ionique lors d'activités physiques de toutes sortes.</p>	
 Systèmes – Fonction de relation	
<p>Systèmes nerveux et musculosquelettique</p> <p>Le système nerveux et le système musculosquelettique régulent les fonctions corporelles internes, mais aussi les comportements des individus, leur permettant d'entrer en relation avec le milieu extérieur et de s'y adapter.</p> <p>Les réseaux complexes de cellules spécialisées, appelées <i>neurones</i>, constituent le système nerveux. Le système nerveux central rend possibles des comportements complexes et coordonne des commandes motrices grâce au système nerveux périphérique. Les divisions, sensitive et motrice, du système nerveux périphérique assurent l'homéostasie.</p> <p>D'une grande complexité structurale, le système nerveux recueille une multiplicité d'informations grâce à divers récepteurs sensoriels distribués dans les organes des sens, qui assurent la vision, l'ouïe et l'équilibre, le goût et l'odorat, le mouvement et la locomotion. Ces données sont ensuite intégrées dans les aires sensorielles situées dans le système nerveux central. Le système nerveux joue également un rôle important dans la coordination des mouvements et dans la façon dont nous nous déplaçons. La saturation sensorielle peut aussi découler d'un usage immodéré des nouvelles applications issues des technologies de l'information et de la communication. Il est important de faire comprendre aux jeunes qu'ils doivent utiliser les jeux vidéo et les baladeurs avec prudence.</p> <p>Le squelette assure le soutien et la protection du corps. Il joue un rôle essentiel dans le mouvement grâce à l'action des muscles qui agissent sur lui en se contractant. Certains os sont fusionnés, tandis que d'autres sont reliés par des articulations permettant une certaine liberté de mouvement.</p> <p>Les applications technologiques apportent parfois des compléments de solutions inespérés, notamment dans le domaine de la maladie mentale qui affecte une portion non négligeable de la population. La synthèse d'antidépresseurs et de médicaments antipsychotiques mieux ciblés offre désormais un espoir de traitement et de réintégration dans la société active à ceux qui en sont atteints.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Système nerveux central (encéphale, moelle épinière) – Système nerveux périphérique (nerfs) <ul style="list-style-type: none"> • Neurone (synapse, axone, dendrite) • Influx nerveux (acte volontaire, arc réflexe) – Récepteurs sensoriels (œil, oreille, peau, langue, nez) – Système musculosquelettique (os, articulations, muscles) <ul style="list-style-type: none"> • Fonctions des os, des articulations et des muscles • Types de muscles • Types de mouvements articulaires

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Systèmes – Fonction de relation (Suite)	
<p>Systèmes nerveux et musculosquelettique (Suite)</p> <p>Les applications technologiques contribuent aussi à réduire les difficultés associées au vieillissement de la population. Ainsi, l’installation de prothèses permet aux aînés qui ont des problèmes de hanche ou de genou de préserver leur autonomie et de poursuivre leurs activités. Les chaises roulantes, dont certaines sont maintenant motorisées, font depuis longtemps partie du paysage médical et contribuent à offrir une meilleure qualité de vie aux personnes handicapées ou aux malades qui ont de la difficulté à se déplacer.</p>	
Systèmes – Fonction de reproduction	
<p>Système reproducteur</p> <p>Division cellulaire</p> <p>Au premier cycle du secondaire, l’élève a appris l’existence de deux modes de reproduction (asexué et sexué) parmi les êtres vivants. Il a pu en apprécier l’éventail important, tant chez les plantes que chez les animaux.</p> <p>La perpétuation de la vie repose sur la division cellulaire qui s’effectue par la mitose et la méiose. L’étude de ces processus et de leurs fonctions va permettre à l’élève de mieux comprendre le rôle particulier de la cellule dans le maintien et la perpétuation de la vie.</p> <p>La mitose produit des cellules filles génétiquement identiques à la cellule mère. Cette division s’inscrit dans un cycle cellulaire qui permet d’assurer les fonctions de reproduction, de croissance et de régénération de la cellule. La méiose produit les gamètes sexuels (spermatozoïdes et ovules) nécessaires à la reproduction sexuée. Cette dernière assure la production de descendants génétiquement différents de leurs parents.</p> <p>Sous l’angle particulier des applications, il importe de saisir les impacts des manipulations génétiques ainsi que les aspects éthiques en rapport avec ces manipulations. L’exemple du clonage et de ses conséquences sur l’identité humaine ou sur la biodiversité soulève des débats enflammés. Par contre, la culture de tissus vivants à partir de cellules souches en vue d’accélérer le processus de guérison chez les grands brûlés rallie la vaste majorité des gens et constitue un bon exemple des retombées potentiellement positives de ces manipulations.</p> <p>Note : Seules les caractéristiques générales de la mitose et de la méiose, et non leurs phases respectives, constituent des éléments de contenu prescrits. L’objectif premier est d’amener l’élève à différencier ces deux formes de division cellulaire et à comprendre sur quoi repose la diversité génétique des individus. Pour cette raison, les phases du développement embryonnaire ne sont pas des éléments de contenu prescrits.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Mitose – Méiose – Diversité génétique

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Systèmes – Fonction de reproduction (Suite)	
<p>Système reproducteur (Suite)</p> <p>Régulation hormonale sous l’angle de la reproduction chez l’humain</p> <p>Au premier cycle du secondaire, l’étude des organes reproducteurs a permis à l’élève de se familiariser avec certains aspects liés à son système reproducteur tels que la fécondation, la grossesse et les principaux stades du développement humain. Toutefois, l’étude de l’apparition des caractères sexuels chez les adolescents n’a pas été abordée et le fait que la puberté est la période où la reproduction devient possible n’a pas été expliqué.</p> <p>L’étude des gonadotrophines produites par l’hypophyse (FSH, LH) permet de comprendre, entre autres, la spermatogenèse chez l’homme, la maturation du follicule ovarien et le déclenchement de l’ovulation chez la femme. Celle des hormones produites par les gonades sexuelles fait voir comment la testostérone, l’œstrogène et la progestérone régulent la croissance, le développement, les cycles reproducteurs et le comportement sexuel de l’humain.</p> <p>Ces nouvelles connaissances permettent aux adolescents de comprendre de façon plus approfondie les changements qui s’opèrent en eux et sont susceptibles de les éclairer au moment de faire des choix en matière de régulation des naissances ou de traitement de la fertilité.</p> <p>Note : Cette partie du programme constitue un complément aux concepts étudiés au premier cycle. Elle doit être envisagée sous l’angle d’une meilleure compréhension de la puberté chez les adolescents.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Puberté (fille et garçon) – Régulation hormonale chez l’homme <ul style="list-style-type: none"> • Spermatogenèse • Érection • Éjaculation – Régulation hormonale chez la femme <ul style="list-style-type: none"> • Ovogenèse • Cycle ovarien • Cycle menstruel

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Jonas Salk Ian Pavlov Rachel Carson Thomas Malthus Sir Alexander Fleming Sir Frederick Banting Karl Landsteiner	Organisation mondiale de la Santé Guide alimentaire canadien Directions régionales de la santé publique	Greffes et transplantations d’organes Transfusions sanguines Stérilisation Culture de tissus Biosynthèse de l’insuline humaine Vaccination Contraception	Création de la Croix-Rouge internationale

Univers matériel (première année du cycle)

Pour la première année du deuxième cycle du secondaire, les éléments de contenu prescrits associés à l'univers matériel sont regroupés autour de cinq concepts généraux : propriétés, transformations, organisation de la matière, fluides et ondes. Les trois premiers (propriétés, transformations, organisation de la matière) ont déjà été abordés au premier cycle. Ces concepts généraux font l'objet d'une étude plus approfondie dans le présent programme. Par ailleurs, la découverte de certaines propriétés et transformations de la matière doit être l'occasion d'établir des liens avec les éléments de contenu du premier cycle et de formuler de nouvelles hypothèses relativement à l'organisation de la matière. De même, l'introduction du modèle particulaire constitue un outil de premier plan pour l'explication de divers phénomènes.

Le quatrième concept concerne les fluides. On y aborde des notions qui permettent d'expliquer plus précisément la question du transport des entrées et des déchets dans le corps et celle des échanges de matière au niveau des cellules. L'osmose et la diffusion, deux notions étudiées au premier cycle, sont également mises à profit pour expliquer ces échanges. Le cinquième concept général, qui porte sur les ondes, regroupe quelques notions de base sur les phénomènes ondulatoires. Bien qu'elles permettent d'aborder les propriétés de n'importe quel mouvement ondulatoire, les ondes sont utilisées ici comme ressources dans le contexte spécifique de l'étude de certains récepteurs sensoriels du corps.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Propriétés de la matière</p> <p>L'organisme humain est constitué d'une grande diversité de substances matérielles. Qu'elles soient présentes dans les cellules ou dans les liquides du corps, qu'elles soient naturelles ou artificielles, elles se distinguent les unes des autres par leurs propriétés. Certaines substances (l'eau, l'oxygène, le dioxyde de carbone, certains nutriments, les sels minéraux ainsi que divers déchets) constituent des déterminants de premier plan de la santé d'un individu en raison de l'importance de leur rôle et de leur concentration dans le corps. Des objets, des systèmes et des produits issus de la technologie médicale permettent d'effectuer les mesures nécessaires à cet égard.</p> <p>Les propriétés caractéristiques d'une substance pure ou d'un groupe de substances sont déterminées à certaines conditions de température et de pression. L'utilisation de tableaux répertoriant les propriétés physiques et chimiques caractéristiques de la matière permet d'identifier des substances, mais aussi de comprendre leurs rôles, l'usage qui en est fait et les dangers qu'elles représentent parfois pour le corps.</p> <p>Dans le corps, les substances sont généralement présentes sous la forme de mélanges dont plusieurs sont des solutions. Les propriétés physiques de ces dernières varient selon la nature et la proportion de leurs constituants.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Propriétés physiques caractéristiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique – Propriétés chimiques caractéristiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Transformations de la matière</p> <p>L'être humain échange avec son milieu et transforme constamment de la matière et de l'énergie. Il survit parce que ces transformations lui procurent de l'énergie sous une forme accessible et de la matière pour réparer et construire les tissus propres à son organisme, d'une part, et pour entretenir ses réserves en minéraux, d'autre part.</p> <p>Les transformations physiques et chimiques sont également objet d'apprentissage. Elles impliquent un transfert et une transformation d'énergie. Au cours des transformations physiques, le nombre d'atomes de chaque élément ainsi que leur masse demeurent inchangés. Les molécules impliquées ne subissent pas de transformation. La matière conserve donc ses propriétés caractéristiques.</p> <p>Selon l'énergie d'agitation moyenne des molécules qui la composent, une même substance se présente sous la forme d'un liquide, d'un solide ou d'un gaz. Une variation de cette énergie entraîne des transformations réversibles.</p> <p>L'observation du comportement de la matière au cours de ces transformations constitue le point de départ de la construction d'un modèle particulaire de la matière, qui rassemble toutes les qualités d'un bon modèle : il met en relation différentes observations, il explique les comportements observés, il permet d'en prédire de nouveaux et il est perfectible.</p> <p>La préparation de solutions par dissolution et la modification de la concentration à la suite d'une dilution sont des opérations courantes dans la vie quotidienne.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques – Transformations chimiques – Formes d'énergie – Modèle particulaire
<p>Organisation de la matière</p> <p>La matière circule, de l'inerte au vivant et inversement. En effet, qu'elle soit inerte ou vivante, la matière est constituée d'atomes qui se combinent selon leurs affinités et qui forment des molécules d'éléments ou de composés plus ou moins complexes. Lorsqu'une seule sorte de molécule est présente dans un échantillon de substance, elle est dite pure et elle est identifiable par ses propriétés caractéristiques. Cependant, le plus souvent, la matière est présente dans l'environnement et dans l'organisme humain sous la forme de mélanges de plusieurs sortes de molécules d'éléments et de composés. Les propriétés d'un mélange sont différentes de celles de ses constituants qui conservent chacun leurs propriétés caractéristiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Fluides</p> <p>Un système de transport interne assure la circulation de substances sélectionnées par l'organisme (l'eau, l'oxygène, le dioxyde de carbone, certains nutriments, les sels minéraux ainsi que divers déchets) vers des régions spécialisées pour les transformations, le stockage ou l'élimination. Le système circulatoire fournit la pression et les variations de pression nécessaires à la circulation du sang. La respiration fournit les variations de volume nécessaires aux variations de pression qui permettront la diffusion de l'oxygène et du dioxyde de carbone au niveau des alvéoles des poumons. Des systèmes artificiels de pompage sont utilisés en médecine pour prendre le relais du corps, lorsque cela s'avère nécessaire.</p> <p>En général, lorsqu'une pression s'exerce sur un solide ou un fluide (compressible ou non), elle est directement proportionnelle à la force qui est distribuée sur une surface et inversement proportionnelle à la surface sur laquelle la force s'applique. Une compréhension qualitative et quantitative de cette relation est souhaitable.</p> <p>Dans le cas des fluides (compressibles ou non), la pression résulte aussi du choc des molécules entre elles et sur les parois d'une surface contraignante (vaisseaux et alvéoles). Des variations de pression induisent des déplacements de matière qui s'effectuent toujours d'une zone où la pression est élevée vers une zone où la pression est basse. Dans le cas des fluides compressibles, à une même température, le volume est inversement proportionnel à la pression qui s'exerce.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Fluides compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume
<p>Ondes</p> <p>L'organisme humain est équipé de diverses structures qui lui permettent de recevoir des informations de son environnement. Deux stimulus externes captés par des organes des sens doivent être examinés, soit les ondes sonores et les ondes lumineuses du spectre visible. Ces dernières font partie du spectre électromagnétique dont les rayonnements diffèrent essentiellement par leur longueur d'onde.</p> <p>L'exploration concrète des ondes mécaniques transversales (dans un ressort ou dans l'eau) constitue un moyen pour aider l'élève à comprendre les mouvements ondulatoires. La fréquence, la longueur d'onde et l'amplitude permettent d'identifier des propriétés qualitatives et quantitatives qui sont communes à toutes les ondes, tout en mettant en évidence certaines de leurs différences. En tant que déformation qui se propage à une vitesse déterminée dans un milieu élastique, une onde mécanique transporte de l'énergie d'un point à un autre. Cependant, la matière occupe la même position après le passage de l'onde qu'à l'origine de sa propagation.</p> <p>Les ondes sonores sont des ondes mécaniques longitudinales. Elles sont produites par un corps élastique en vibration et leur propagation exige un support matériel périodiquement comprimé et raréfié. L'onde se déplace, transportant ainsi l'énergie fournie par le corps vibrant sans que la matière soit déplacée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Ondes (Suite)</p> <p>Quoique de nature très différente, les ondes lumineuses ont certains comportements semblables à ceux des ondes sonores et des ondes mécaniques en général. Cependant, dans son comportement ondulatoire, la lumière se caractérise par le fait qu'elle se propage dans le vide et dans les milieux transparents.</p> <p>Lorsqu'une onde lumineuse arrive au contact d'un autre milieu transparent, une partie de la lumière est réfléchi. L'autre partie pénètre dans le milieu et elle est généralement déviée par rapport à sa direction originale.</p> <p>On trouve dans notre environnement naturel et artificiel des objets qui mettent en évidence cette propriété de la lumière. Deux groupes d'objets, appelés <i>lentilles</i>, sont à l'étude : les lentilles convergentes et divergentes. La compréhension visée du phénomène est qualitative.</p> <p>Note : Lors de l'étude de la réflexion, le travail est limité aux miroirs plans et les aspects quantitatifs sont abordés; lors de l'étude de la réfraction, les aspects quantitatifs ne sont pas abordés.</p>	

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Dimitri Mendeleïev Louis et Antoine Lumière Heinrich Hertz René Descartes Wilhelm Conrad Röntgen	Musées de la science et de la technologie Clubs de loisir scientifique Facultés des sciences et de génie	Classification périodique des éléments Interventions médicales à l'aide de la fibre optique	Prix Nobel Expo-sciences

TABLEAU SYNTHÈSE DES CONCEPTS PRESCRITS (PREMIÈRE ANNÉE DU CYCLE)

Univers technologique	Univers vivant	Univers matériel
<p>LANGAGE DES LIGNES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tracés géométriques – Formes de représentation (croquis, perspective, projection oblique) – Lignes de base – Échelles – Projections orthogonales (vues multiples, isométrie) – Projection axonométrique : vue éclatée (lecture) – Coupes et sections – Cotation et tolérances – Standards et représentations (schémas, symboles) <p>INGÉNIERIE MÉCANIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Liaisons types des pièces mécaniques – Fonctions types – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) <p>INGÉNIERIE ÉLECTRIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection – Fonction de commande (types : levier, poussoir, bascule, commande magnétique) 	<p>SYSTÈMES</p> <p>FONCTION DE NUTRITION</p> <p>SYSTÈME DIGESTIF</p> <ul style="list-style-type: none"> – Types d'aliments (eau, protides, glucides, lipides, vitamines, minéraux) – Valeur énergétique des aliments – Tube digestif (bouche, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus) – Transformation des aliments (mécanique, chimique) – Glandes digestives (glandes salivaires, glandes gastriques, pancréas, foie, glandes intestinales) <p>SYSTÈMES CIRCULATOIRE ET RESPIRATOIRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système respiratoire (fosses nasales, pharynx, trachée, bronches, poumons) – Fonctions des constituants du sang (plasma, éléments figurés) – Compatibilité des groupes sanguins – Système circulatoire (voies de circulation, types de vaisseaux) – Système lymphatique (lymphe, anticorps) <p>SYSTÈME EXCRÉTEUR</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système urinaire (reins, uretères, vessie, urètre) – Composants de l'urine (eau, sels minéraux, urée) – Maintien de l'équilibre sanguin (reins, poumons, glandes sudoripares) 	<p>PROPRIÉTÉS DE LA MATIÈRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés physiques caractéristiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique – Propriétés chimiques caractéristiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions <p>TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques – Transformations chimiques – Formes d'énergie – Modèle particulaire <p>ORGANISATION DE LA MATIÈRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes <p>FLUIDES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fluides compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume <p>ONDES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille

Univers technologique

MATÉRIAUX

- Contraintes (traction, compression, torsion)
- Propriétés mécaniques
- Types et propriétés
 - Alliages à base de fer
 - Métaux et alliages non ferreux
 - Matières plastiques (thermoplastiques)
 - Bois et bois modifiés
- Cellule (composantes de la cellule, membrane cellulaire, noyau, chromosomes, gènes)

FABRICATION

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Ébauchage et finition
 - Caractéristiques du traçage
- Mesures
 - Mesure directe (règle)

BIOTECHNOLOGIE

- Procédés
 - Pasteurisation
 - Fabrication du vaccin
 - Insémination artificielle
 - Culture cellulaire

Univers vivant

FONCTION DE RELATION

SYSTÈMES NERVEUX ET MUSCULOSQUELETTIQUE

- Système nerveux central (encéphale, moelle épinière)
- Système nerveux périphérique (nerfs)
 - Neurone (synapse, axone, dendrite)
 - Influx nerveux (acte volontaire, arc réflexe)
- Récepteurs sensoriels (œil, oreille, peau, langue, nez)
- Système musculosquelettique (os, articulations, muscles)
 - Fonctions des os, des articulations et des muscles
 - Types de muscles
 - Types de mouvements articulaires

FONCTION DE REPRODUCTION

SYSTÈME REPRODUCTEUR

DIVISION CELLULAIRE

- Mitose
- Méiose
- Diversité génétique

RÉGULATION HORMONALE SOUS L'ANGLE

DE LA REPRODUCTION CHEZ L'HUMAIN

- Puberté (fille et garçon)
- Régulation hormonale chez l'homme
 - Spermatogenèse
 - Érection
 - Éjaculation
- Régulation hormonale chez la femme
 - Ovogenèse
 - Cycle ovarien
 - Cycle menstruel

Univers matériel

Concepts prescrits (deuxième année du cycle)

Les concepts prescrits en deuxième année du cycle sont plus étroitement liés aux applications propres aux technologies de l'énergie et à celles des transports. Le tableau de la page 28 présente quelques exemples d'objets de systèmes, de produits et de procédés qui sont associés à chacun de ces champs technologiques. Comme il s'agit d'exemples, ils n'ont pas un caractère prescrit. Il est aussi à noter que l'univers Terre et espace est de nouveau présent dans cette deuxième année du cycle.

Univers technologique (deuxième année du cycle)

Au cours de la deuxième année du cycle, les concepts généraux associés à l'univers technologique se rapportent toujours au langage des lignes, à l'ingénierie et aux matériaux. Les aspects relatifs à la fabrication se trouvent aussi dans les techniques qui sont l'objet d'une étude. Les concepts doivent cependant être traités de manière plus exhaustive en raison de la diversité croissante des problèmes à résoudre et de leur niveau de difficulté plus élevé. Aussi, afin de favoriser l'émergence d'une plus grande variété de solutions à un problème de conception ou d'analyse, de nouvelles dimensions ont été introduites. Il s'agit des liaisons mécaniques, des fonctions électriques et de l'étude de nouveaux matériaux comme les plastiques (thermodurcissables), les céramiques et les matériaux composites.

En deuxième année, l'univers technologique est aussi abordé par l'intermédiaire des objets, des systèmes, des produits et des procédés qui composent les différents champs d'application. Ils présentent tous des liens avec des savoirs et des pratiques spécifiques et sont le reflet des possibilités et des contraintes scientifiques, techniques, sociales, environnementales, éthiques, etc.

Dans une perspective d'intégration et d'appropriation des éléments de contenu prescrits pour tous les univers en cause, l'approfondissement de la connaissance des concepts technologiques devrait conduire à une démythification des objets, des machines et des systèmes, d'une part, et à une vision plus large de l'activité industrielle, d'autre part.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Langage des lignes</p> <p>Fondé sur des modes de représentation géométrique conventionnels, le dessin technique est un langage qui permet de préciser, de fixer et de matérialiser sa pensée. La justification et la signification de toutes les lignes et les informations d'un dessin technique sont associées à différentes formes de représentation. La théorie de la projection orthogonale permet le dessin de détail, le dessin d'ensemble et la représentation isométrique. La cotation fonctionnelle permet une plus grande précision lors de la fabrication. Elle complète les informations sur les caractéristiques de chacune des composantes de l'objet ou du système. Le dessin de certains objets fabriqués à partir de matériaux en feuilles permet d'en montrer la ou les surfaces à plat et d'anticiper la création de ses formes définitives par pliage. Enfin, conformément aux règles relatives à leur représentation, certains dessins renferment aussi des informations en rapport avec les standards de l'industrie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble) – Cotation fonctionnelle – Développements (prisme, cylindre, pyramide, cône) – Standards et représentations (schémas, symboles)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Ingénierie</p> <p>La conception ou l'analyse d'un objet technique ou d'un système technologique repose sur l'acquisition de concepts fondamentaux liés à la mécanique et à l'électricité ainsi que sur des pratiques de conception et d'analyse propres à l'ingénierie.</p> <p>En mécanique, ces concepts font référence à l'adhérence entre les pièces, aux liaisons et aux fonctions mécaniques les plus typiques, de même qu'à la transmission et à la transformation du mouvement traitées de manière détaillée. Une étude formelle permet d'envisager des solutions à partir de modèles spécifiques de liaisons, de guidages et de mécanismes permettant un mouvement de rotation ou de translation.</p> <p>En électricité et en électronique, les concepts prescrits sont liés aux diverses composantes et à leurs fonctions (alimentation, conduction, isolation, protection, commande, transformation). La maîtrise de ces concepts habilite à choisir les bonnes composantes et à les agencer de manière appropriée.</p> <p>Dans la conception et l'analyse d'un objet ou d'un système, un tel bagage technique permet de déterminer ou de justifier l'utilisation de formes et de matériaux, de trouver ou d'expliquer des principes de fonctionnement et d'adopter ou de faire ressortir des solutions de construction.</p>	<p>Mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Adhérence et frottement entre les pièces – Liaisons des pièces mécaniques (degré de liberté d'une pièce) – Fonction de guidage – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse, couple résistant, couple moteur – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses, excentriques et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé) – Fonctions de commande (types : unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel) – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme) – Autres fonctions (condensateur, diode, transistor, relais semi-conducteur)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Matériaux</p> <p>Le fait qu'il soit possible d'agir sur les propriétés des matériaux s'avère un important incitatif pour en faire l'exploration et l'exploitation. Le choix rationnel d'un matériau se fait en fonction de ses propriétés, de ses avantages et de ses limites. Cela implique d'en connaître les caractéristiques fonctionnelles et la structure afin de bien en comprendre le comportement quand il est utilisé.</p> <p>Les traitements thermiques, comme la trempe et le revenu, permettent d'améliorer les propriétés mécaniques des aciers. Par exemple, la trempe augmente non seulement la dureté, mais aussi la fragilité, et le revenu améliore la ténacité tout en diminuant la limite élastique. Par ailleurs, le recuit permet de restaurer les propriétés premières d'un matériau. Les trois éléments caractéristiques des traitements thermiques des métaux sont l'échauffement jusqu'au point critique, le maintien d'une température uniforme et le refroidissement plus ou moins rapide.</p> <p>Les concepts qui se rattachent aux matières plastiques, aux céramiques et aux matériaux composites renseignent sur leur composition et leurs propriétés de même que sur leur utilisation et leur classification.</p> <p>L'apparition des matières plastiques a été une véritable révolution. D'excellentes propriétés physiques et de nombreuses qualités comme leur résistance, leur durabilité ou encore la possibilité de les usiner avec une très grande précision expliquent leur emploi sans cesse croissant.</p> <p>Les céramiques englobent une gamme très vaste de matériaux. Leur utilisation touche des secteurs traditionnels comme la construction et les biens de consommation, mais aussi d'autres secteurs comme l'électrotechnique, la construction mécanique, etc.</p> <p>Chaque type de matériau composite possède ses propres propriétés et caractéristiques. Les propriétés mécaniques élevées de ces matériaux et leur faible masse volumique les rendent particulièrement attrayants. On les trouve dans plusieurs applications de la technologie moderne.</p> <p>Tous les matériaux se dégradent à une vitesse plus ou moins grande. Les réactions qui se produisent entre un matériau et son milieu sont de trois types : réactions chimiques (plastiques, céramiques), corrosion et oxydation (métaux). Parmi les moyens utilisés pour lutter contre cette dégradation, il faut citer la protection électrochimique et la protection par revêtement et traitement des surfaces.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (flexion, cisaillement) – Caractérisation des propriétés mécaniques – Traitements thermiques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables) • Céramiques • Matériaux composites – Modification des propriétés (dégradation, protection)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Fabrication</p> <p>Le perçage, le filetage ou le cambrage correspondent à différentes formes de fabrication parmi les plus fréquentes. Matériaux, vitesses de rotation et angles de coupe de l'outil (foret) sont autant d'éléments caractéristiques rattachés au perçage. Le choix du profil des filets et de leur nombre au pouce (pas) permet entre autres de déterminer le diamètre de perçage avant taraudage. Type de matériau et fibre neutre font partie des paramètres à prendre en considération pour établir la longueur d'une pièce avant pliage.</p> <p>Les opérations relatives à la mesure et au contrôle des pièces impliquent l'utilisation d'instruments comme le pied à coulisse et la vérification des surfaces et favorisent une plus grande précision d'exécution lors de l'usinage. En conséquence, les principes qui leur sont associés doivent être acquis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Fabrication <ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques du perçage, du taraudage, du filetage et du cambrage (pliage) – Mesure et contrôle <ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe (pied à coulisse) • Contrôle, forme et position (plan, section, angle)

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Alessandro Volta Léonard de Vinci Joseph Brown et Lucian Sharp Le Corbusier Alfred Nobel Rudolph Diesel Henry Ford Frederick Winslow Taylor	Office de la propriété intellectuelle du Canada Base de données sur les brevets canadiens Ordre des ingénieurs du Québec	Chaîne de production Interchangeabilité des pièces Robotique Télétection Éclairage public Vêtements Réfrigération Réseau routier	Révolution industrielle Établissement de normes du travail Mondialisation

Univers vivant (deuxième année du cycle)

Bien que les applications technologiques et scientifiques aient pour but principal d'améliorer la qualité de vie des humains, elles peuvent également avoir des répercussions moins heureuses, à court ou à long terme, et exercer des effets indésirables sur l'équilibre des communautés. L'étude des relations entre les organismes vivants et leur environnement mène inévitablement à l'étude des écosystèmes dans une perspective systémique.

Les différentes problématiques soulevées par les applications technologiques dans les domaines des transports, de la construction, de la production manufacturière ou de l'énergie ouvrent des pistes intéressantes pour amener l'élève à s'intéresser à la dynamique des écosystèmes et des populations qui les habitent, et à réfléchir à ces aspects.

Du point de vue plus spécifique des champs de la construction ou de la production manufacturière, les matériaux nécessaires aux diverses réalisations humaines (maisons, machines-outils, instruments divers, etc.) constituent en fait des ressources puisées à même les écosystèmes. Leur exploitation a donc toujours un impact sur les relations au sein des communautés. On n'a qu'à

penser à l'importance du bois comme matériau de construction et aux impacts dramatiques de la déforestation sur la biodiversité.

Plus généralement, le souci d'obtenir une diversité de matériaux et de maîtriser les ressources énergétiques se concrétise par la multiplication des applications technologiques et scientifiques. Or, l'accroissement de la population humaine et des demandes liées à l'activité industrielle entraîne une augmentation de la consommation énergétique à laquelle nous devons faire face. Bien des espoirs sont aujourd'hui fondés sur les nouvelles découvertes en technologie. Certains objets, systèmes ou produits (moteur à essence, dérivés du pétrole) ont répondu provisoirement à nos besoins, mais ont eu et ont encore des répercussions négatives. Les données météorologiques compilées depuis plus de cinquante ans sur l'ensemble de la planète témoignent de l'ampleur des changements climatiques qui en découlent, au moins partiellement. Si les recherches liées aux technologies de l'énergie apportent l'espoir d'une meilleure gestion des ressources (piles à hydrogène, moteur hybride, construction d'éoliennes), elles engagent aussi les choix que nous faisons quant aux formes d'énergie à utiliser et quant à leurs conséquences sur la dynamique des écosystèmes.

Orientations	Concepts prescrits
<p><i>Dynamique des écosystèmes</i></p> <p>Plusieurs individus de la même espèce qui occupent le même territoire forment une population. Chaque population est caractérisée par la façon dont elle est distribuée sur un territoire ainsi que par sa densité. L'influence des facteurs abiotiques et biotiques est déterminante dans l'étude de la dynamique des populations. Plusieurs de ces facteurs tels que la natalité, la mortalité, l'immigration et l'émigration jouent un rôle important dans les cycles biologiques de ces populations. Par ailleurs, la reproduction et la survie des individus sont étroitement liées à l'accessibilité aux ressources du milieu.</p> <p>Une population n'est jamais seule à occuper un territoire. Plusieurs types d'interactions biotiques se produisent entre ces populations qui constituent alors une communauté. Chaque communauté se caractérise par une structure trophique et une abondance relative des espèces qui la composent (biodiversité). La structure trophique, définie par les relations entre les organismes qui forment des réseaux alimentaires, est déterminante pour expliquer la dynamique des communautés. Ces réseaux alimentaires sont influencés à la fois par les nutriments disponibles à la base de la chaîne alimentaire et par les grands prédateurs au sommet de la pyramide alimentaire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Perturbations – Relations trophiques – Productivité primaire – Flux de matière et d'énergie – Recyclage chimique – Facteurs influençant la distribution des biomes – Écosystèmes

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Dynamique des écosystèmes (Suite)</p> <p>Des modifications dans la structure et la composition des communautés surviennent lorsque des perturbations provoquent un déséquilibre. Dès lors, une série de changements s'opèrent progressivement afin de rétablir l'équilibre dans la communauté : on parle alors de successions écologiques. L'action des humains et les catastrophes naturelles sont les principaux agents de perturbation au sein des communautés.</p> <p>Un autre facteur peut jouer un rôle important dans la perturbation des relations au sein des communautés. Il s'agit de la présence de micro-organismes pathogènes dans l'environnement (bactéries, virus, champignons, parasites). Certains de ces agents peuvent avoir un effet allergisant, toxique ou même mortel dans certains cas.</p> <p>Quant aux écosystèmes, ils se caractérisent tous par les relations qu'entretiennent les organismes d'une communauté avec les facteurs abiotiques du milieu. Grâce à l'action des organismes autotrophes, l'énergie entre dans l'écosystème et est transformée en matière organique. Cette productivité primaire (biomasse) a une influence sur la quantité d'énergie totale de l'écosystème. L'énergie solaire qui est convertie en énergie chimique est transmise d'un niveau trophique à un autre par l'intermédiaire de la nourriture et dissipée sous forme de chaleur. À tous les niveaux trophiques, des processus biologiques et géologiques rendent possible la remise en circulation des divers nutriments : on parle alors de recyclage chimique. L'action des micro-organismes et des décomposeurs est cruciale dans le processus de décomposition organique qui permet la remise en circulation des divers éléments inorganiques.</p> <p>Note : L'étude des micro-organismes et des décomposeurs doit se limiter à leur rôle dans l'étude des cycles de décomposition organique et de la remise en circulation des nutriments. Il ne s'agit pas d'en étudier la taxonomie.</p>	

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Charles Darwin Alfred Wallace Hermann Müller Alfred Hershey Martha Chase	Musées des sciences naturelles Biodôme de Montréal Aires protégées Jardins zoologiques Réserves mondiales de l'UNESCO Groupes environnementaux	Activités de dépollution Protection de l'environnement	Découverte de la structure de l'ADN Grandes expéditions scientifiques

Univers matériel (deuxième année du cycle)

Pour la deuxième année du deuxième cycle du secondaire, les concepts prescrits en ce qui a trait à l'univers matériel sont regroupés autour de cinq concepts généraux. Plusieurs d'entre eux sont semblables aux éléments de contenu du programme de science et technologie afin de conduire à l'obtention du même diplôme d'études secondaires. D'autres ont été sélectionnés sur la base de leur fonction pour l'étude des applications liées aux champs technologiques. Le premier concept général, *Transformations chimiques*, permet de se pencher sur certains procédés de fabrication de matériaux et sur divers résidus polluants et émanations.

Le concept général suivant, *Électricité et électromagnétisme*, vise à approfondir la compréhension de phénomènes électriques et magnétiques simples et à ajouter de nouvelles possibilités d'activités interdisciplinaires en rapport avec l'univers technologique. Les concepts associés à ces phénomènes seront appliqués à l'étude d'objets et de systèmes comportant des composantes électriques.

Le troisième concept général aborde les *Transformations de l'énergie* et le principe de sa conservation. Les applications liées aux champs technologiques de l'énergie et des transports sont particulièrement propices à la contextualisation de ce concept général. Divers liens seront tissés avec les concepts généraux *Électricité et magnétisme* et *Force et mouvement*.

Le quatrième concept général, *Fluides*, abordé au cours de la première année de ce cycle, prend ici une importance nouvelle en raison de sa pertinence dans l'étude des nombreuses applications hydrauliques et pneumatiques. Quelques principes de base de l'étude des fluides permettent de comprendre pourquoi la flottaison et le vol sont possibles et d'apprécier ainsi la nature et la contribution de la science et de la technologie au développement de la navigation et de l'aéronautique.

Le cinquième concept général, *Force et mouvement*, est tiré de l'univers technologique du premier cycle. Son introduction dans l'univers matériel ouvre la porte à un certain formalisme mathématique, à la compréhension et à l'utilisation des lois de Newton dans diverses applications : conception, fonctionnement et utilisation d'objets ou de systèmes. Ces objets et ces systèmes seront principalement issus des champs technologiques de l'énergie, des transports et de la production manufacturière.

Les concepts généraux sont donc abordés comme des ressources à mobiliser lors de l'étude d'applications technologiques. L'univers matériel prend une place de plus en plus importante, non seulement parce que la compréhension des concepts abordés aux cours des années antérieures doit être poussée plus loin, mais aussi parce que certaines notions sont fréquemment sollicitées lors de l'étude de l'univers technologique.

Orientations	Concepts prescrits
<p><i>Transformations chimiques</i></p> <p>Les propriétés chimiques d'une substance ou d'un groupe de substances sont en rapport avec leurs transformations chimiques respectives au contact l'une de l'autre. Les produits de ces transformations étant différents des réactifs, ils seront caractérisés par d'autres propriétés. Le nombre d'atomes de chaque élément et leur masse se conservent toutefois.</p> <p>Diverses réactions chimiques, en rapport avec les applications étudiées, sont examinées. Elles mettent en évidence le fait que les atomes de différents éléments ont un pouvoir combinatoire déterminé en relation avec leur structure.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Oxydation

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Électricité et électromagnétisme</p> <p>La connaissance de la matière présente dans l’environnement passe aussi par l’exploration de ses propriétés électriques. En effet, des charges électriques peuvent apparaître sur certaines matières neutres à la suite de leur frottement avec un objet constitué d’une autre matière. Ces charges subissent une force d’attraction lorsqu’elles sont de signes contraires et une force de répulsion lorsqu’elles sont de même signe. L’apparition de charges électriques s’explique par la mobilité des charges négatives et par leur accumulation à la surface de certaines substances. L’affinité de différents matériaux pour les charges négatives permet d’expliquer plusieurs phénomènes électriques observés dans la vie quotidienne.</p> <p>Certains éléments et matériaux sont de bons conducteurs d’électricité. Ils sont utilisés pour transmettre le mouvement des électrons dans des circuits électriques. Les circuits électriques examinés peuvent être constitués de divers éléments reliés en série ou en parallèle. La loi d’Ohm établit la relation entre la tension, la résistance et l’intensité du courant dans un circuit. À ces grandeurs sont associées des unités de mesure.</p> <p>Certains éléments des circuits transforment également une partie de l’énergie électrique en une autre forme d’énergie. Des relations sont établies entre l’énergie électrique consommée et la tension du circuit, l’intensité du courant et le temps. La puissance électrique d’un appareil, quant à elle, est déterminée par sa consommation d’énergie par unité de temps. À ces grandeurs sont associées des unités de mesure. L’apprentissage ne doit pas se limiter à un formalisme mathématique, mais doit inclure la compréhension qualitative des relations.</p> <p>La connaissance de la matière passe également par l’exploration de ses propriétés magnétiques. Certaines matières ont la propriété de créer un champ magnétique. Des pôles de mêmes noms se repoussent, alors que des pôles de noms différents s’attirent.</p> <p>Un courant électrique engendre aussi un champ magnétique. Par convention, les lignes du champ magnétique engendrées par un aimant, qu’il soit naturel ou artificiel, sont déterminées par l’orientation (direction et sens) du pôle Nord de l’aiguille d’une boussole placée dans le même champ. L’identification rapide du sens des lignes de champs magnétiques peut être effectuée en appliquant les règles de la main droite ou de la main gauche selon que l’on choisit de considérer le sens conventionnel du courant ou le sens réel du mouvement des électrons. Ces règles s’appliquent de la même façon, que le fil soit droit, courbe ou enroulé.</p> <p>Inversement, le mouvement d’un aimant ou la variation de l’intensité d’un champ magnétique induisent un courant électrique. Celui-ci circule dans un sens tel qu’il s’oppose au mouvement de l’aimant ou au changement d’intensité du champ.</p> <p>Note : En électricité, le travail sur des circuits mixtes n’est pas exigé; en électromagnétisme, seuls les aspects qualitatifs sont abordés.</p>	<p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Charge électrique – Électricité statique – Loi d’Ohm – Circuits électriques – Relation entre puissance et énergie électrique <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> – Forces d’attraction et de répulsion – Champ magnétique d’un fil parcouru par un courant – Champ magnétique d’un solénoïde – Induction électromagnétique

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Transformation de l'énergie</p> <p>L'énergie est présente dans l'environnement sous diverses formes. Quelle que soit cette forme, elle correspond au travail qu'un système est susceptible de produire. Ce travail implique une force et un déplacement.</p> <p>Avec des moyens appropriés, il est possible de convertir une forme d'énergie en une autre. Dans un système isolé, l'énergie totale est conservée au cours de ces transformations. Si le système n'est pas isolé, il perd une certaine quantité d'énergie qui est récupérée par le milieu et les systèmes extérieurs avoisinants.</p> <p>Un corps chaud a une capacité d'action particulière : en se refroidissant, il provoque le réchauffement d'un corps plus froid avec lequel il est en contact. Quoique chaleur et température soient souvent utilisées comme des synonymes dans la vie courante, une distinction entre les deux est nécessaire, en particulier pour étudier des applications liées au champ technologique des transports.</p> <p>Note : Seuls les aspects qualitatifs des transformations d'énergie sont traités.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre chaleur et température
<p>Fluides</p> <p>Au début du deuxième cycle, l'étude des propriétés caractéristiques de la matière a permis d'examiner le concept de masse volumique comme un indice permettant l'identification de certaines substances. Quant au concept de pression, il a été appliqué à l'étude du système de transport interne entre les organes. En deuxième année du cycle, ces concepts sont utilisés pour étudier le fonctionnement de diverses applications mécaniques (vérin, peson et frein hydraulique) ou pour comprendre des phénomènes comme la flottaison et le vol.</p> <p>Les humains ont fait preuve de beaucoup d'ingéniosité pour construire des appareils qui leur confèrent la capacité de voler et de flotter. Au cours de recherches et d'expériences sur des objets qui servent de prototypes, l'élève doit reconnaître les forces qui s'exercent et examiner l'effet qu'elles ont sur leur modèle. Il recherche les ajustements qui peuvent s'avérer utiles pour contrôler le mouvement et assurer la portance. Certains concepts abordés dans la section <i>Forces et mouvements</i> seront utilisés pour déterminer la force résultante et la force équilibrante d'un système de forces.</p> <p>Note : Ces principes seront étudiés de manière qualitative.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Principe d'Archimède – Principe de Pascal – Principe de Bernoulli

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Forces et mouvements</p> <p>Dans notre environnement, la matière subit l'action de différentes forces. Qu'elles soient gravitationnelles, électriques, magnétiques, de frottement ou autres, lorsqu'elles s'exercent sur un corps, deux effets peuvent être produits. Elles provoquent des déformations et elles déterminent des modifications de l'état de mouvement du corps. Le contenu de la présente section porte principalement sur le deuxième effet des forces.</p> <p>En pratique, il n'existe aucun système mécanique sur lequel une seule force s'applique. Généralement, plusieurs forces agissent en même temps sur un corps. La résultante de ces forces est une force virtuelle qui produit le même effet dynamique que celui des forces agissant simultanément. Lorsque la résultante de toutes ces forces est nulle, le corps est en équilibre. Tout se passe comme si aucune force n'agissait sur lui. L'état de mouvement du corps ne change pas : sa vitesse reste alors constante (parfois nulle).</p> <p>Lorsque la force résultante n'est pas nulle, l'état de mouvement change et le corps est accéléré. Seront considérés les cas où la vitesse augmente ou diminue en grandeur scalaire. L'effet de la force gravitationnelle sur une masse sera examiné et une distinction claire entre masse et poids sera établie.</p> <p>Note : Les cas où l'action d'une force occasionne un changement de direction du vecteur vitesse ne sont pas à l'étude. Le cas du mouvement uniformément accéléré ne l'est pas non plus.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Force – Types de forces – Équilibre de deux forces – Relation entre vitesse constante, distance et temps – Masse et poids

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Svante Arrhenius Archimède Thomas Edison Blaise Pascal Orville et Wilbur Wright Isaac Newton Hans Oersted Joseph Henry Michael Faraday Albert Einstein James Watt Ernest Rutherford Niels Bohr	Facultés des sciences et de génie Musées à caractère scientifique et technologique	Industrie automobile Développement du réseau électrique	Passage du mur du son

Terre et espace (deuxième année du cycle)

Au deuxième cycle du secondaire, les concepts prescrits relatifs à l'univers Terre et espace sont regroupés sous quatre concepts généraux : *Lithosphère*, *Hydrosphère*, *Atmosphère* et *Espace*. Bien que les trois premiers fassent référence à des concepts prescrits au premier cycle, leur articulation dans l'analyse ou la conception d'applications permet de les réinvestir tout en augmentant le degré d'approfondissement.

Ces concepts permettent à l'élève d'envisager l'étude des applications sous divers angles. L'évaluation des impacts qui découlent de la conception de

certains biens de consommation ou la construction de certains ouvrages du génie civil reflètent une préoccupation accrue à l'égard de l'environnement. L'étude de la lithosphère revêt une grande importance, notamment du fait que les substances nécessaires à la fabrication de nombreux objets techniques sont extraites de la croûte terrestre. La compréhension de la dynamique des systèmes atmosphériques et aquatiques permet d'enrichir l'étude des modes de production d'énergie. Enfin, les concepts relatifs à l'espace sont abordés au regard des applications liées au champ technologique de l'énergie.

Orientations	Concepts prescrits
Terre	
<p>Lithosphère</p> <p>La lithosphère renferme une grande variété de ressources minérales essentielles au développement des sociétés. Le sous-sol québécois contient de riches gisements métalliques et d'importantes réserves de matériaux indispensables à la construction et à l'aménagement du territoire. L'exploitation et le raffinage de divers métaux comme l'aluminium, le fer et le cuivre permettent de les utiliser dans le domaine de l'énergie et dans la production manufacturière d'un grand nombre de biens de consommation.</p> <p>Qu'il s'agisse de métaux, de minéraux industriels ou de matériaux de construction, ces ressources ne sont toutefois présentes qu'en quantités limitées, d'où l'intérêt croissant pour la revalorisation des matières résiduelles. Conséquemment, la conception d'un objet pose le problème du choix des matériaux. Ces derniers devraient pouvoir être recyclés lorsque l'objet devient périmé. L'épuisement des ressources naturelles entraîne aussi la mise au point de nouvelles matières ou la modification de matières existantes comme les alliages, les plastiques et les matériaux composites.</p> <p>Les moteurs à combustion et les centrales thermiques brûlent des combustibles fossiles qui constituent des sources d'énergie épuisables, tout comme les minerais radioactifs exploités dans les centrales nucléaires. La recherche de nouvelles sources d'énergie et l'utilisation de ressources renouvelables constituent deux des préoccupations actuelles des sociétés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Ressources énergétiques

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Terre (Suite)	
<p>Hydrosphère</p> <p>Un bassin versant est un territoire délimité par les lignes de crête (géomorphologie) entourant un réseau de cours d'eau, dans lequel s'écoulent les eaux souterraines et de ruissellement. L'ensemble des activités humaines menées sur un bassin donné peut perturber les écosystèmes, par exemple la création d'un réservoir en amont du barrage d'une centrale hydroélectrique. La construction d'un pont doit tenir compte des caractéristiques du terrain et des impacts sur le bassin hydrographique touché. Les travaux d'aménagement ou d'excavation au fond des cours d'eau entraînent un important brassage des sédiments qui n'est pas sans conséquence sur l'environnement aquatique, tant en aval qu'en amont.</p> <p>Qu'il s'agisse des courants marins ou des marées, le déplacement des masses d'eau implique de grandes quantités d'énergie. Les centrales marémotrices, notamment, tirent profit de la force des marées afin de produire de l'énergie électrique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Ressources énergétiques
<p>Atmosphère</p> <p>Les différents types de masses d'air se distinguent notamment par leur température et leur taux d'humidité. Des mouvements de convection occasionnent leur déplacement autour du globe. Les vents sont des courants d'air qui résultent des variations de la pression atmosphérique et du mouvement de rotation de la Terre. Des systèmes de nuages naissent de la rencontre de masses d'air de caractéristiques différentes.</p> <p>Un cyclone est une large zone de nuages, de vents et d'orages en rotation au centre de laquelle règne une basse pression. Les cyclones se forment au-dessus des mers tropicales chaudes et déversent d'abondantes précipitations, accompagnées de forts vents aux effets généralement dévastateurs. Un anticyclone est une zone de circulation autour d'un centre de haute pression où l'air est relativement chaud et sec, donc sans nuages. Certaines normes de construction tiennent compte des contraintes qu'exercent les conditions atmosphériques sur les infrastructures et les bâtiments.</p> <p>La force du vent offre aussi des avantages. Que ce soit pour se déplacer, effectuer un travail mécanique ou produire de l'énergie électrique, l'homme exploite l'énergie liée au vent au moyen de voiles et de pales dont les formes, les matériaux et les dimensions varient selon les besoins. L'énergie éolienne constitue une source d'énergie douce abondante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Masse d'air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Espace	
<p>Espace</p> <p>Le Soleil émet une quantité phénoménale d'énergie dans tous les domaines du spectre électromagnétique. Depuis longtemps, l'homme utilise la chaleur associée au rayonnement solaire pour répondre à ses besoins. Les capteurs photovoltaïques des panneaux solaires transforment l'énergie rayonnante en énergie électrique.</p> <p>L'influence gravitationnelle de la Lune sur les masses d'eau présentes à la surface de la Terre est en grande partie à l'origine du phénomène des marées. La force engendrée par les mouvements de l'eau est exploitée dans les centrales marémotrices. Ces dernières s'ajoutent à la liste des moyens dont l'homme dispose pour répondre à ses besoins énergétiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel)

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Joseph Henry Gaspard-Gustave Coriolis	Commission géologique du Canada Agence de l'efficacité énergétique Ressources naturelles Canada	Satellites d'observation Systèmes de positionnement global	Phénomènes météorologiques

Note : Le tableau synthèse des concepts prescrits pour la deuxième année du cycle se trouve aux deux pages qui suivent.

TABLEAU SYNTHÈSE DES CONCEPTS PRESCRITS (DEUXIÈME ANNÉE DU CYCLE)

Univers technologique	Univers vivant	Univers matériel	Terre et espace
<p>LANGAGE DES LIGNES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble) – Cotation fonctionnelle – Développements (prisme, cylindre, pyramide, cône) – Standards et représentations (schémas, symboles) <p>INGÉNIERIE MÉCANIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Adhérence et frottement entre les pièces – Liaisons des pièces mécaniques (degré de liberté d'une pièce) – Fonction de guidage – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse, couple résistant, couple moteur – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, bielles, manivelles, coulisses, cames, excentriques et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) <p>INGÉNIERIE ÉLECTRIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé) – Fonction de commande (types : unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel) – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme) – Autres fonctions (condensateur, diode, transistor, relais semi-conducteur) 	<p>DYNAMIQUE DES ÉCOSYSTÈMES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Perturbations – Relations trophiques – Productivité primaire – Flux de matière et d'énergie – Recyclage chimique – Facteurs influençant la distribution des biomes – Écosystèmes 	<p>TRANSFORMATIONS CHIMIQUES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Oxydation <p>ÉLECTRICITÉ</p> <ul style="list-style-type: none"> – Charge électrique – Électricité statique – Loi d'Ohm – Circuits électriques – Relation entre puissance et énergie électrique <p>ÉLECTROMAGNÉTISME</p> <ul style="list-style-type: none"> – Forces d'attraction et de répulsion – Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant – Champ magnétique d'un solénoïde – Induction électromagnétique <p>TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre chaleur et température <p>FLUIDES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Principe d'Archimède – Principe de Pascal – Principe de Bernoulli <p>FORCES ET MOUVEMENTS</p> <ul style="list-style-type: none"> – Force – Types de forces – Équilibre de deux forces – Relation entre vitesse constante, distance et temps – Masse et poids 	<p>LITHOSPHERE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Ressources énergétiques <p>HYDROSPHERE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Ressources énergétiques <p>ATMOSPHERE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Masse d'air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques <p>ESPACE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel)

Univers technologique	Univers vivant	Univers matériel	Terre et espace
<p>MATÉRIAUX</p> <ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (flexion, cisaillement) – Caractérisation des propriétés mécaniques – Traitements thermiques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables) • Céramiques • Matériaux composites – Modification des propriétés (dégradation, protection) <p>FABRICATION</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fabrication <ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques du perçage, du taraudage, du filetage et du cambrage (pliage) – Mesure et contrôle <ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe (pied à coulisse) • Contrôle, forme et position (plan, section, angle) 			

Bibliographie

Culture scientifique et technologique

BARMA, Sylvie et Louise GUILBERT. « Différentes visions de la culture scientifique et technologique : Défis et contraintes pour les enseignants », dans HASNI, Abdelkrim, Yves LENOIR et Joël LEBEAUME (dir.). *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2006, 278 p.

CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. *La culture scientifique et technique au Québec : Un bilan, rapport de conjoncture*, Québec, gouvernement du Québec, 2002, 215 p.

HASNI, Abdelkrim. *La culture scientifique et technologique à l'école : De quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer?*, communication présentée au 70^e Congrès de l'ACFAS, Québec, Université Laval, 2002, 25 p.

THOUIN, Marcel. *Notions de culture scientifique et technologique. Concepts de base, percées historiques et conceptions fréquentes*, Québec, MultiMondes, 2001, 480 p.

Didactique de la technologie

DYRENFURTH, Michael J., Gabriele GRAUBE et Walter E. THEUERKAUF. *Technology Education*, Frankfurt am Main, New York, Peter Lang, 2001, 345 p.

INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION. *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology*, Reston ITEA, 2000, 248 p.

LEBEAUME, Joël. *L'éducation technologique : Histoires et méthodes*, Paris, ESF, 2000, 121 p.

NORMAN, Eddie et autres. *Advanced Design and Technology*, London, Longman Group Limited, 3^e édition, 2000, 872 p.

Didactique de la science

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for All Americans, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 272 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 420 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Atlas of Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 165 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Designs for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 300 p.

ASTOLFI, Jean-Pierre et autres. *Pratiques de formation en didactique des sciences*, Bruxelles, De Boeck, 1997, 498 p.

CALIFORNIA STATE BOARD OF EDUCATION. *Science Content Standards for California Public Schools: Kindergarten through Grade Twelve*, Sacramento, CDE Press, 1998, 52 p.

CANADA, CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION. *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature*, Toronto, gouvernement du Canada, 1997, 261 p.

CHASTENAY, Pierre. *Je deviens astronome*, Waterloo, Éditions Michel Quintin, 2002, 47 p.

COLOMBIE-BRITANNIQUE, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Sciences de la 8^e à la 10^e année : Ensemble des ressources intégrées*, gouvernement de la Colombie-Britannique, 1996, 47 p.

DE SERRES, Margot et autres. *Intervenir sur les langages en mathématiques et en science*, Montréal, Modulo, 2003, 390 p.

FOUREZ, Gérard. *Alphabétisation scientifique et technique : Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, Bruxelles, De Boeck Université, 1994, 219 p.

GIORDAN, André. *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Paris, Belin, 1999, 239 p.

GUILBERT, Louise. « La pensée critique en science : Présentation d'un modèle iconique en vue d'une définition opérationnelle », *The Journal of Educational Thought*, vol. 24, n^o 3, décembre 1990, p. 195-218.

MANITOBA, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programme d'études : Cadre manitobain des résultats d'apprentissage, science de la nature, secondaire 2*, gouvernement du Manitoba, 2001, 55 p.

ANNEXE – EXEMPLES DE SITUATIONS D’APPRENTISSAGE ET D’ÉVALUATION

Un jouet éducatif

1. Intention pédagogique

Amener l’élève à développer la compétence 1 intégralement et les compétences 2 et 3 partiellement par le design d’un jouet éducatif.

2. Élèves visés

Élèves de première année du deuxième cycle du secondaire (Applications technologiques et scientifiques)

3. Domaine général de formation touché et axe de développement

Orientation et entrepreneuriat

Appropriation des stratégies liées à un projet (par les étapes de réalisation du jouet)

4. Description de la tâche

Amorce

Il n’est pas surprenant que la production de jouets occupe une place importante parmi les autres productions humaines, comme les outils ou les ustensiles.

Activité proposée

L’enseignant propose aux élèves de concevoir un jouet éducatif pour des enfants âgés de 2 à 5 ans. Ils doivent utiliser les matériaux de leur choix en tenant compte des éléments qui suivent. D’abord, une attention particulière doit être accordée aux éléments de conception directement liés à l’âge de l’enfant (attrait, durabilité, sécurité, etc.). Le jouet doit aussi comporter, entre autres, un mécanisme à ressort dont la fonction consiste à produire un son. Tous les ensembles qui produisent un effet (mouvement ou son) ou ceux

qui nécessitent diverses manipulations doivent être actionnés manuellement sans aucune difficulté. Le jouet doit allier les impératifs fonctionnels et les considérations d’ordre esthétique. Il ne doit pas faire référence à un acte malveillant. De plus, l’emploi de produits toxiques comme la peinture est interdit. Enfin, les dimensions du jouet ne doivent pas excéder 50 cm sur 50 cm sur 50 cm.

Étapes

- Présentation du cahier des charges à l’élève
- Élaboration par chaque élève de deux propositions de jouets possibles
- En équipe de deux, examen des propositions de chacun des deux coéquipiers; choix, planification et mise en œuvre d’une solution parmi les quatre proposées
- Communication et échanges entre toutes les équipes sur les diverses réponses
- En équipe toujours, passage aux étapes de réalisation (exécution des opérations de fabrication après information et démonstrations relatives à l’usinage, à la façon de procéder et à la sécurité)
- À partir de quelques mécanismes à ressort adoptés, étude en grand groupe des principes scientifiques et technologiques qui y sont associés
- Retour sur l’ensemble des actions et conclusion
- Préparation par chaque équipe d’un document relatif à son prototype comportant toutes les informations nécessaires : dessins et caractéristiques du jouet, justification du respect du cahier des charges, entretien, etc.
- Sélection de quelques jouets en vue de les offrir à un centre de la petite enfance

5. Productions attendues

- Prototype (un jouet par équipe de deux)
- Document d’accompagnement contenant l’information nécessaire sur le jouet (un document par équipe de deux)

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 1 – *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*

- **Cerner un problème**
Définition, par rapport à la tâche, des éléments significatifs et des contraintes
- **Élaborer un plan d'action**
Recherche créative et choix d'une solution
- **Concrétiser le plan d'action**
Mise en pratique et réalisation du prototype
- **Analyser les résultats**
Examen du jouet : constatations et conclusion

Compétence 2 – *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques*

- **Comprendre des principes scientifiques liés à l'application**
Acquisition de concepts associés à l'objet en rapport avec le système nerveux, d'une part, et les ondes, d'autre part
- **Comprendre des principes technologiques liés à l'application**
Acquisition de principes technologiques associés à l'objet et à ceux des autres (liaisons, transformation du mouvement, etc.)

Compétence 3 – *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*

- **Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique**
Étude des données du problème, lecture de documents, etc.
- **Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique**
Élaboration des dessins et des caractéristiques du jouet

7. Compétences transversales

Résoudre des problèmes, Mettre en œuvre sa pensée créatrice, Se donner des méthodes de travail efficaces, Coopérer, Communiquer de façon appropriée

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Univers technologique	Univers vivant
<ul style="list-style-type: none"> – Projections orthogonales (vues multiples) – Cotation – Standards et représentations (schémas, symboles) – Liaisons types des pièces mécaniques – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction) – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transformation du mouvement (manivelles, cames) – Contraintes (traction, compression, torsion) – Propriétés mécaniques – Fabrication <ul style="list-style-type: none"> • Ébauchage et finition • Caractéristiques du traçage 	<p>Fonction de relation</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système nerveux périphérique (nerfs) <ul style="list-style-type: none"> • Neurone (synapse, axone, dendrite) • Influx nerveux (acte volontaire, arc réflexe) • Récepteurs sensoriels (œil, oreille, peau, langue, nez)
	Univers matériel
	<ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent aussi être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

Démarches

- Démarche de design (considérations d'ordre esthétique, aspect fonctionnel, construction, etc.)
- Démarche technologique d'analyse (concepts technologiques et principes scientifiques en cause)

9. Durée approximative

18 périodes de 75 minutes

10. Pistes d'évaluation possibles

- Évaluation du travail d'équipe (élèves)
- Évaluation du prototype (enseignant, élèves)
- Évaluation du document d'accompagnement (enseignant)
- Autoévaluation (une par élève)

La bicyclette : une invention pratique, un véhicule pour tous

1. Intention pédagogique

Développer la compétence 2 intégralement et la compétence 3 partiellement à partir de l'analyse d'une bicyclette.

2. Élèves visés

Élèves de deuxième année du deuxième cycle du secondaire (*Applications technologiques et scientifiques*)

3. Domaine général de formation touché et axe de développement

Santé et bien-être

Mode de vie actif et comportement sécuritaire (par l'entretien ou la réparation du vélo)

4. Description de la tâche

Amorce

L'école organise une sortie à vélo. Le parcours constitué surtout de pistes et de sentiers est de 25 km. La journée débute par une compétition, soit une épreuve de vitesse sur une distance de 5 km. Deux types de vélos sont mis à la disposition de la classe. Les élèves doivent, dans un premier temps, procéder à l'analyse de deux modèles proposés (A et B) afin d'en connaître les principales caractéristiques techniques et d'être en mesure de choisir le type de vélo le plus adéquat en fonction du trajet prévu. À cette occasion, l'étude du pédalier (roues dentées, dérailleur, chaîne, etc.) et du système de freinage de la bicyclette feront l'objet d'une attention particulière. Dans un deuxième temps, ils devront faire les vérifications d'usage et effectuer les réglages nécessaires.

Activité proposée

Un dossier d'accompagnement doit être préparé à l'intention de l'élève. Il contient des précisions sur l'itinéraire ainsi que des indications quant aux éléments de la bicyclette qui doivent être analysés : groupes de direction, de transmission, de freinage, d'éclairage et de signalisation, matériaux, etc.

Certains détails associés à la chaîne cinématique, à l'impulsion et au mouvement y sont exposés. Ce dossier inclut aussi un relevé des opérations à effectuer pour la vérification et l'entretien de la bicyclette.

Étapes

- Répartition des élèves de la classe en deux sous-groupes comptant chacun deux équipes (deux vélos du modèle A sont étudiés par les deux équipes du premier groupe et deux vélos du modèle B sont examinés par les deux autres équipes)
- Analyse technologique par les équipes d'un seul type de bicyclette à l'aide de la fiche d'analyse placée dans le dossier d'accompagnement
- Partage des résultats respectifs d'analyse entre les équipes de chaque groupe; présentation des résultats par chaque équipe
- Détermination, par la classe, du type de bicyclette approprié en fonction de l'itinéraire
- Travail sur la compréhension des principes scientifiques mis en évidence par l'étude de la chaîne cinématique de la bicyclette
- Démonstration par l'enseignant suivie de l'exécution, en équipes, des opérations courantes de vérification et d'entretien d'un vélo
- Réalisation d'un travail complémentaire sur l'histoire et l'évolution de la bicyclette ou d'une de ses composantes; insertion du travail dans le dossier d'accompagnement

5. Production attendue

- Dossier d'accompagnement : fiche d'analyse, document sur la chaîne cinématique, relevé de vérification et d'entretien, histoire et évolution de la bicyclette

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 2 – Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

- **Situer une application dans son contexte**
Détermination des besoins auxquels le vélo répond et des usages
- **Comprendre des principes scientifiques liés à l'application**
Étude du mouvement mis en évidence : concepts de force, de vitesse, etc.

- **Comprendre des principes technologiques liés à l'application**
Examen de la bicyclette : caractéristiques de fonctionnement, de construction, etc.
- **Contrôler l'état de fonctionnement de l'objet technique ou du système technologique à l'étude**
Entretien et réglages effectués sur le vélo

Compétence 3 – Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

- **Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique**
Lecture des divers documents fournis
- **Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique**
Fiche, relevé, etc., à remplir et élaboration d'un document sur l'histoire et l'évolution de la bicyclette

7. Compétences transversales

Exploiter l'information, Se donner des méthodes de travail efficaces, Exploiter les TIC, Coopérer, Communiquer de façon appropriée

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Univers technologique	Univers matériel
– Projections orthogonales (isométrie)	– Force
– Standards et représentations (schémas, symboles)	– Types de forces
– Adhérence et frottement entre les pièces	– Relation entre vitesse constante, distance et temps
– Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues dentées et chaîne)	– Masse et poids

Univers technologique (Suite)	Terre et espace
– Changements de vitesse	– Minéraux
– Contraintes (flexion, cisaillement)	
– Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Matériaux composites 	
– Modification des propriétés (dégradation et protection)	

Démarches

- Démarche technologique d'analyse (caractéristiques de la bicyclette : composantes, fonctionnement, construction, matériaux, etc.)
- Démarche d'observation (bicyclette et mouvement : concepts et principes scientifiques qui s'y rattachent)

9. Durée approximative

7 périodes de 75 minutes

10. Pistes d'évaluation possibles

- Évaluation du dossier d'accompagnement (enseignant)
- Évaluation du document sur l'histoire et l'évolution de la bicyclette (enseignant, élèves)
- Autoévaluation (une par élève)

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent aussi être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

Cadre d'évaluation des apprentissages

Applications technologiques et scientifiques

Enseignement secondaire 2^e cycle

Table des matières

Introduction	3
Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique	
Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	4
Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques	
Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	4
Annexe I	5
Annexe II	5

Droits de reproduction

Les établissements d'enseignement sont autorisés à reproduire ce document, en totalité ou en partie. S'il est reproduit pour être vendu, le prix ne devra pas excéder le coût de reproduction. Ce document est accessible dans Internet à l'adresse suivante : [www7.mels.gouv.qc.ca/dc/evaluation/]

Cadre d'évaluation des apprentissages

Introduction

À la suite des nouvelles orientations en évaluation annoncées par la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport, le régime pédagogique a été modifié et prévoit qu'à compter du 1^{er} juillet 2011, l'évaluation s'appuiera sur le *Cadre d'évaluation des apprentissages*. Ce dernier fournit, pour chaque discipline du Programme de formation de l'école québécoise, les balises nécessaires à l'évaluation des apprentissages afin de constituer les résultats des élèves, qui seront transmis à l'intérieur du bulletin unique.

Place des connaissances dans l'évaluation

Les connaissances sont au cœur des apprentissages des élèves car elles sont à la base même des disciplines enseignées à l'école. Elles offrent aux élèves les moyens de réfléchir et de comprendre le monde. C'est par les connaissances, point de départ des apprentissages, puis par les liens qui les unissent, que les élèves développent leur compréhension des notions simples et plus complexes. Elles doivent donc être solidement acquises, comprises, appliquées et mobilisées. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Structure des cadres d'évaluation

Pour chaque discipline, le cadre d'évaluation définit les critères sur lesquels les résultats des élèves doivent s'appuyer. Ces critères d'évaluation découlent de ceux du Programme de formation.

Le cadre d'évaluation indique les pondérations permettant de constituer les résultats disciplinaires transmis à l'intérieur des bulletins. Il est conçu de façon à établir des liens directs, le cas échéant, avec les documents sur la progression des apprentissages qui fournissent des précisions sur les connaissances propres à chaque discipline du Programme de formation.

Rôle de l'enseignant en évaluation

La Loi sur l'instruction publique donne à l'enseignant le droit de *choisir les instruments d'évaluation des élèves qui lui sont confiés afin de mesurer et d'évaluer constamment et périodiquement les besoins et l'atteinte des objectifs par rapport à chacun des élèves qui lui sont confiés en se basant sur les progrès réalisés* (article 19). Il appartient donc à l'enseignant de choisir les moyens pour évaluer les apprentissages des élèves.



Cette flèche indique que l'évaluation des apprentissages s'effectue dans un processus d'aller-retour entre l'acquisition des connaissances propres à une discipline et la compréhension, l'application ainsi que la mobilisation de celles-ci. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Les connaissances sont évaluées aux moments choisis par l'enseignant, qui détermine l'importance à accorder, dans le résultat de l'élève, aux différentes dimensions à évaluer.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

PRATIQUE : 40 %

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation¹



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Techniques
 - Stratégies*
- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

THÉORIE : 60 %

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation²



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Univers matériel
 - Univers vivant
 - Terre et espace (4^e année du secondaire)
 - Univers technologique
 - Stratégies*
- Interprétation appropriée de la problématique
- Utilisation pertinente des connaissances scientifiques et technologiques
- Production adéquate d'explications ou de solutions



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.

Annexe I

Éléments favorisant la compréhension des critères

Représentation adéquate de la situation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reformulation du problème ■ Formulation d'hypothèses ou de pistes de solution
Élaboration d'un plan d'action pertinent	<ul style="list-style-type: none"> ■ Planification des étapes du plan d'action ■ Contrôle des variables ■ Choix des ressources (matériel, équipement, outil, etc.)
Mise en œuvre adéquate du plan d'action	<ul style="list-style-type: none"> ■ Utilisation du matériel choisi en fonction de la précision des instruments ou des outils ■ Respect des règles de sécurité ■ Consignation de données ■ Utilisation des stratégies et des techniques appropriées ■ Ajustements lors de la mise en œuvre du plan d'action ■ Utilisation des modes de représentation appropriés (tableaux, graphiques, schémas)
Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Production d'explications ou de conclusions en fonction des données recueillies et des connaissances acquises ■ Vérification de la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats ■ Production d'un prototype respectant le cahier des charges ■ Proposition d'améliorations ou de solutions nouvelles ■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

Annexe II

Éléments favorisant la compréhension des critères

Interprétation appropriée de la problématique	<ul style="list-style-type: none"> ■ Identification des éléments pertinents de la problématique et des liens les unissant ■ Proposition d'une explication ou d'une solution provisoire ■ Identification des principes de fonctionnement
Utilisation pertinente des connaissances scientifiques et technologiques	<ul style="list-style-type: none"> ■ Choix et utilisation : <ul style="list-style-type: none"> ■ des concepts ■ des lois ■ des modèles ■ des théories
Production adéquate d'explications ou de solutions	<ul style="list-style-type: none"> ■ Production ou justification d'explications liées à la problématique ■ Production ou justification de solutions liées à l'objet ou au procédé technique ■ Justification des interventions en s'appuyant sur des connaissances scientifiques et technologiques ■ Utilisation du formalisme mathématique (au besoin) ■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

-
1. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe I.
 2. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe II.

Cadre d'évaluation des apprentissages

Chimie

Enseignement secondaire
2^e cycle

Table des matières

Introduction	3
Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie	
Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	4
Mettre à profit ses connaissances en chimie	
Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	4
Annexe I	5
Annexe II	5

Droits de reproduction

Les établissements d'enseignement sont autorisés à reproduire ce document, en totalité ou en partie. S'il est reproduit pour être vendu, le prix ne devra pas excéder le coût de reproduction. Ce document est accessible dans Internet à l'adresse suivante : [www7.mels.gouv.qc.ca/dc/evaluation/]

Cadre d'évaluation des apprentissages

Introduction

À la suite des nouvelles orientations en évaluation annoncées par la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport, le régime pédagogique a été modifié et prévoit qu'à compter du 1^{er} juillet 2011, l'évaluation s'appuiera sur le *Cadre d'évaluation des apprentissages*. Ce dernier fournit, pour chaque discipline du Programme de formation de l'école québécoise, les balises nécessaires à l'évaluation des apprentissages afin de constituer les résultats des élèves, qui seront transmis à l'intérieur du bulletin unique.

Place des connaissances dans l'évaluation

Les connaissances sont au cœur des apprentissages des élèves car elles sont à la base même des disciplines enseignées à l'école. Elles offrent aux élèves les moyens de réfléchir et de comprendre le monde. C'est par les connaissances, point de départ des apprentissages, puis par les liens qui les unissent, que les élèves développent leur compréhension des notions simples et plus complexes. Elles doivent donc être solidement acquises, comprises, appliquées et mobilisées. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Structure des cadres d'évaluation

Pour chaque discipline, le cadre d'évaluation définit les critères sur lesquels les résultats des élèves doivent s'appuyer. Ces critères d'évaluation découlent de ceux du Programme de formation.

Le cadre d'évaluation indique les pondérations permettant de constituer les résultats disciplinaires transmis à l'intérieur des bulletins. Il est conçu de façon à établir des liens directs, le cas échéant, avec les documents sur la progression des apprentissages qui fournissent des précisions sur les connaissances propres à chaque discipline du Programme de formation.

Rôle de l'enseignant en évaluation

La Loi sur l'instruction publique donne à l'enseignant le droit de *choisir les instruments d'évaluation des élèves qui lui sont confiés afin de mesurer et d'évaluer constamment et périodiquement les besoins et l'atteinte des objectifs par rapport à chacun des élèves qui lui sont confiés en se basant sur les progrès réalisés* (article 19). Il appartient donc à l'enseignant de choisir les moyens pour évaluer les apprentissages des élèves.



Cette flèche indique que l'évaluation des apprentissages s'effectue dans un processus d'aller-retour entre l'acquisition des connaissances propres à une discipline et la compréhension, l'application ainsi que la mobilisation de celles-ci. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Les connaissances sont évaluées aux moments choisis par l'enseignant, qui détermine l'importance à accorder, dans le résultat de l'élève, aux différentes dimensions à évaluer.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie

PRATIQUE : 40 %

Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation¹



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Techniques
 - Stratégies*
- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.



Mettre à profit ses connaissances en chimie

THÉORIE : 60 %

Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation²



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Gaz
 - Aspect énergétique des transformations
 - Vitesse de réaction
 - Équilibre chimique
 - Stratégies*
- Interprétation appropriée de la problématique
- Utilisation pertinente des connaissances en chimie
- Production adéquate d'explications



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués

à l'intérieur des bulletins.

Annexe I

Éléments favorisant la compréhension des critères

Représentation adéquate de la situation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reformulation du problème ■ Formulation d'hypothèses
Élaboration d'un plan d'action pertinent	<ul style="list-style-type: none"> ■ Planification des étapes du plan d'action ■ Contrôle des variables ■ Choix des ressources (matériel, équipement, outil, etc.)
Mise en œuvre adéquate du plan d'action	<ul style="list-style-type: none"> ■ Utilisation du matériel choisi en fonction de la précision des instruments ou des outils ■ Respect des règles de sécurité ■ Consignation de données ■ Prise en compte de l'incertitude et des erreurs liées aux mesures ■ Utilisation des stratégies et des techniques appropriées ■ Ajustements lors de la mise en œuvre du plan d'action ■ Utilisation des modes de représentation appropriés (tableaux, graphiques, schémas)
Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Production d'explications ou de conclusions en fonction des données recueillies et des connaissances acquises ■ Vérification de la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats ■ Proposition d'améliorations ■ Utilisation du formalisme mathématique ■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

Annexe II

Éléments favorisant la compréhension des critères

Interprétation appropriée de la problématique	<ul style="list-style-type: none"> ■ Identification des éléments pertinents de la problématique et des liens les unissant ■ Proposition d'une explication ou d'une solution provisoire
Utilisation pertinente des connaissances en chimie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Choix et utilisation : <ul style="list-style-type: none"> ■ des concepts ■ des lois ■ des modèles ■ des théories
Production adéquate d'explications	<ul style="list-style-type: none"> ■ Production ou justification d'explications en s'appuyant sur les connaissances acquises ■ Utilisation du formalisme mathématique ■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

-
1. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe I.
 2. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe II.

Cadre d'évaluation des apprentissages

Physique

Enseignement secondaire
2^e cycle

Table des matières

Introduction	3
Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique	
Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	4
Mettre à profit ses connaissances en physique	
Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	4
Annexe I	5
Annexe II	5

Droits de reproduction

Les établissements d'enseignement sont autorisés à reproduire ce document, en totalité ou en partie. S'il est reproduit pour être vendu, le prix ne devra pas excéder le coût de reproduction. Ce document est accessible dans Internet à l'adresse suivante : [www7.mels.gouv.qc.ca/dc/evaluation/]

Cadre d'évaluation des apprentissages

Introduction

À la suite des nouvelles orientations en évaluation annoncées par la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport, le régime pédagogique a été modifié et prévoit qu'à compter du 1^{er} juillet 2011, l'évaluation s'appuiera sur le *Cadre d'évaluation des apprentissages*. Ce dernier fournit, pour chaque discipline du Programme de formation de l'école québécoise, les balises nécessaires à l'évaluation des apprentissages afin de constituer les résultats des élèves, qui seront transmis à l'intérieur du bulletin unique.

Place des connaissances dans l'évaluation

Les connaissances sont au cœur des apprentissages des élèves car elles sont à la base même des disciplines enseignées à l'école. Elles offrent aux élèves les moyens de réfléchir et de comprendre le monde. C'est par les connaissances, point de départ des apprentissages, puis par les liens qui les unissent, que les élèves développent leur compréhension des notions simples et plus complexes. Elles doivent donc être solidement acquises, comprises, appliquées et mobilisées. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Structure des cadres d'évaluation

Pour chaque discipline, le cadre d'évaluation définit les critères sur lesquels les résultats des élèves doivent s'appuyer. Ces critères d'évaluation découlent de ceux du Programme de formation.

Le cadre d'évaluation indique les pondérations permettant de constituer les résultats disciplinaires transmis à l'intérieur des bulletins. Il est conçu de façon à établir des liens directs, le cas échéant, avec les documents sur la progression des apprentissages qui fournissent des précisions sur les connaissances propres à chaque discipline du Programme de formation.

Rôle de l'enseignant en évaluation

La Loi sur l'instruction publique donne à l'enseignant le droit de *choisir les instruments d'évaluation des élèves qui lui sont confiés afin de mesurer et d'évaluer constamment et périodiquement les besoins et l'atteinte des objectifs par rapport à chacun des élèves qui lui sont confiés en se basant sur les progrès réalisés* (article 19). Il appartient donc à l'enseignant de choisir les moyens pour évaluer les apprentissages des élèves.



Cette flèche indique que l'évaluation des apprentissages s'effectue dans un processus d'aller-retour entre l'acquisition des connaissances propres à une discipline et la compréhension, l'application ainsi que la mobilisation de celles-ci. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Les connaissances sont évaluées aux moments choisis par l'enseignant, qui détermine l'importance à accorder, dans le résultat de l'élève, aux différentes dimensions à évaluer.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique

PRATIQUE : 40 %

Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation¹



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Techniques
 - Stratégies*
- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.

Mettre à profit ses connaissances en physique

THÉORIE : 60 %

Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation²



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Cinématique
 - Dynamique
 - Transformation de l'énergie
 - Optique géométrique
 - Stratégies*
- Interprétation appropriée de la problématique
- Utilisation pertinente des connaissances en physique
- Production adéquate d'explications



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.

Annexe I

Éléments favorisant la compréhension des critères

Représentation adéquate de la situation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reformulation du problème ■ Formulation d'hypothèses
Élaboration d'un plan d'action pertinent	<ul style="list-style-type: none"> ■ Planification des étapes du plan d'action ■ Contrôle des variables ■ Choix des ressources (matériel, équipement, outil, etc.)
Mise en œuvre adéquate du plan d'action	<ul style="list-style-type: none"> ■ Utilisation du matériel choisi en fonction de la précision des instruments ou des outils ■ Respect des règles de sécurité ■ Consignation de données ■ Prise en compte de l'incertitude et des erreurs liées aux mesures ■ Utilisation des stratégies et des techniques appropriées ■ Ajustements lors de la mise en œuvre du plan d'action ■ Utilisation des modes de représentation appropriés (tableaux, graphiques, schémas)
Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Production d'explications ou de conclusions en fonction des données recueillies et des connaissances acquises ■ Vérification de la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats ■ Proposition d'améliorations ■ Utilisation du formalisme mathématique ■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

Annexe II

Éléments favorisant la compréhension des critères

Interprétation appropriée de la problématique	<ul style="list-style-type: none"> ■ Identification des éléments pertinents de la problématique et des liens les unissant ■ Proposition d'une explication ou d'une solution provisoire
Utilisation pertinente des connaissances en physique	<ul style="list-style-type: none"> ■ Choix et utilisation : <ul style="list-style-type: none"> ■ des concepts ■ des lois ■ des modèles ■ des théories
Production adéquate d'explications	<ul style="list-style-type: none"> ■ Production ou justification d'explications en s'appuyant sur les connaissances acquises ■ Utilisation du formalisme mathématique ■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

-
1. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe I.
 2. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe II.

Cadre d'évaluation des apprentissages

Science et environnement

Enseignement secondaire
2^e cycle

Table des matières

Introduction	3
Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique	
Communiquer à l'aide du langage scientifique	4
Mettre à profit ses connaissances scientifiques	
Communiquer à l'aide du langage scientifique	4
Annexe I	5
Annexe II	5

Droits de reproduction

Les établissements d'enseignement sont autorisés à reproduire ce document, en totalité ou en partie. S'il est reproduit pour être vendu, le prix ne devra pas excéder le coût de reproduction. Ce document est accessible dans Internet à l'adresse suivante : [www7.mels.gouv.qc.ca/dc/evaluation/]

Cadre d'évaluation des apprentissages

Introduction

À la suite des nouvelles orientations en évaluation annoncées par la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport, le régime pédagogique a été modifié et prévoit qu'à compter du 1^{er} juillet 2011, l'évaluation s'appuiera sur le *Cadre d'évaluation des apprentissages*. Ce dernier fournit, pour chaque discipline du Programme de formation de l'école québécoise, les balises nécessaires à l'évaluation des apprentissages afin de constituer les résultats des élèves, qui seront transmis à l'intérieur du bulletin unique.

Place des connaissances dans l'évaluation

Les connaissances sont au cœur des apprentissages des élèves car elles sont à la base même des disciplines enseignées à l'école. Elles offrent aux élèves les moyens de réfléchir et de comprendre le monde. C'est par les connaissances, point de départ des apprentissages, puis par les liens qui les unissent, que les élèves développent leur compréhension des notions simples et plus complexes. Elles doivent donc être solidement acquises, comprises, appliquées et mobilisées. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Structure des cadres d'évaluation

Pour chaque discipline, le cadre d'évaluation définit les critères sur lesquels les résultats des élèves doivent s'appuyer. Ces critères d'évaluation découlent de ceux du Programme de formation.

Le cadre d'évaluation indique les pondérations permettant de constituer les résultats disciplinaires transmis à l'intérieur des bulletins. Il est conçu de façon à établir des liens directs, le cas échéant, avec les documents sur la progression des apprentissages qui fournissent des précisions sur les connaissances propres à chaque discipline du Programme de formation.

Rôle de l'enseignant en évaluation

La Loi sur l'instruction publique donne à l'enseignant le droit de *choisir les instruments d'évaluation des élèves qui lui sont confiés afin de mesurer et d'évaluer constamment et périodiquement les besoins et l'atteinte des objectifs par rapport à chacun des élèves qui lui sont confiés en se basant sur les progrès réalisés* (article 19). Il appartient donc à l'enseignant de choisir les moyens pour évaluer les apprentissages des élèves.



Cette flèche indique que l'évaluation des apprentissages s'effectue dans un processus d'aller-retour entre l'acquisition des connaissances propres à une discipline et la compréhension, l'application ainsi que la mobilisation de celles-ci. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Les connaissances sont évaluées aux moments choisis par l'enseignant, qui détermine l'importance à accorder, dans le résultat de l'élève, aux différentes dimensions à évaluer.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique

PRATIQUE : 40 %

Communiquer à l'aide du langage scientifique

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation¹



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Techniques
 - Stratégies*
- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.

Mettre à profit ses connaissances scientifiques

THÉORIE : 60 %

Communiquer à l'aide du langage scientifique

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation²



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Univers matériel
 - Univers vivant
 - Terre et espace
 - Stratégies*
- Interprétation appropriée de la problématique
- Utilisation pertinente des connaissances scientifiques
- Production adéquate d'explications ou de solutions



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.

Annexe I

Éléments favorisant la compréhension des critères

Représentation adéquate de la situation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reformulation du problème ■ Formulation d'hypothèses
Élaboration d'un plan d'action pertinent	<ul style="list-style-type: none"> ■ Planification des étapes du plan d'action ■ Contrôle des variables ■ Choix des ressources (matériel, équipement, outil, etc.)
Mise en œuvre adéquate du plan d'action	<ul style="list-style-type: none"> ■ Utilisation du matériel choisi en fonction de la précision des instruments ou des outils ■ Respect des règles de sécurité ■ Consignation de données ■ Prise en compte des erreurs liées aux mesures ■ Utilisation des stratégies et des techniques appropriées ■ Ajustements lors de la mise en œuvre du plan d'action ■ Utilisation des modes de représentation appropriés (tableaux, graphiques, schémas)
Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Production d'explications ou de conclusions en fonction des données recueillies et des connaissances acquises ■ Vérification de la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats ■ Proposition d'améliorations ■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

Annexe II

Éléments favorisant la compréhension des critères

Interprétation appropriée de la problématique	<ul style="list-style-type: none"> ■ Identification des éléments pertinents de la problématique et des liens les unissant ■ Proposition d'une explication ou d'une opinion provisoire
Utilisation pertinente des connaissances scientifiques	<ul style="list-style-type: none"> ■ Choix et utilisation : <ul style="list-style-type: none"> ■ des concepts ■ des lois ■ des modèles ■ des théories
Production adéquate d'explications ou de solutions	<ul style="list-style-type: none"> ■ Production ou justification d'explications liées à la problématique ■ Justification de décisions ou des opinions en s'appuyant sur des connaissances scientifiques ■ Utilisation du formalisme mathématique (au besoin) ■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

-
1. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe I.
 2. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe II.

Cadre d'évaluation des apprentissages

Science et technologie

Science et technologie de l'environnement

Enseignement secondaire
2^e cycle

Table des matières

Introduction	3
Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique	
Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	4
Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques	
Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	4
Annexe I	5
Annexe II	6

Droits de reproduction

Les établissements d'enseignement sont autorisés à reproduire ce document, en totalité ou en partie. S'il est reproduit pour être vendu, le prix ne devra pas excéder le coût de reproduction. Ce document est accessible dans Internet à l'adresse suivante : [www7.mels.gouv.qc.ca/dc/evaluation/]

Cadre d'évaluation des apprentissages

Introduction

À la suite des nouvelles orientations en évaluation annoncées par la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport, le régime pédagogique a été modifié et prévoit qu'à compter du 1^{er} juillet 2011, l'évaluation s'appuiera sur le *Cadre d'évaluation des apprentissages*. Ce dernier fournit, pour chaque discipline du Programme de formation de l'école québécoise, les balises nécessaires à l'évaluation des apprentissages afin de constituer les résultats des élèves, qui seront transmis à l'intérieur du bulletin unique.

Place des connaissances dans l'évaluation

Les connaissances sont au cœur des apprentissages des élèves car elles sont à la base même des disciplines enseignées à l'école. Elles offrent aux élèves les moyens de réfléchir et de comprendre le monde. C'est par les connaissances, point de départ des apprentissages, puis par les liens qui les unissent, que les élèves développent leur compréhension des notions simples et plus complexes. Elles doivent donc être solidement acquises, comprises, appliquées et mobilisées. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Structure des cadres d'évaluation

Pour chaque discipline, le cadre d'évaluation définit les critères sur lesquels les résultats des élèves doivent s'appuyer. Ces critères d'évaluation découlent de ceux du Programme de formation.

Le cadre d'évaluation indique les pondérations permettant de constituer les résultats disciplinaires transmis à l'intérieur des bulletins. Il est conçu de façon à établir des liens directs, le cas échéant, avec les documents sur la progression des apprentissages qui fournissent des précisions sur les connaissances propres à chaque discipline du Programme de formation.

Rôle de l'enseignant en évaluation

La Loi sur l'instruction publique donne à l'enseignant le droit de *choisir les instruments d'évaluation des élèves qui lui sont confiés afin de mesurer et d'évaluer constamment et périodiquement les besoins et l'atteinte des objectifs par rapport à chacun des élèves qui lui sont confiés en se basant sur les progrès réalisés* (article 19). Il appartient donc à l'enseignant de choisir les moyens pour évaluer les apprentissages des élèves.



Cette flèche indique que l'évaluation des apprentissages s'effectue dans un processus d'aller-retour entre l'acquisition des connaissances propres à une discipline et la compréhension, l'application ainsi que la mobilisation de celles-ci. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Les connaissances sont évaluées aux moments choisis par l'enseignant, qui détermine l'importance à accorder, dans le résultat de l'élève, aux différentes dimensions à évaluer.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

PRATIQUE : 40 %

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation¹



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Techniques
 - Stratégies*
- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

THÉORIE : 60 %

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation²



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Univers matériel
 - Univers vivant
 - Terre et espace
 - Univers technologique
 - Stratégies*
- Interprétation appropriée de la problématique
- Utilisation pertinente des connaissances scientifiques et technologiques
- Production adéquate d'explications ou de solutions



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.

Annexe I

Éléments favorisant la compréhension des critères

Représentation adéquate de la situation	<ul style="list-style-type: none">■ Reformulation du problème■ Formulation d'hypothèses ou de pistes de solution
Élaboration d'un plan d'action pertinent	<ul style="list-style-type: none">■ Planification des étapes du plan d'action■ Contrôle des variables■ Choix des ressources (matériel, équipement, outil, etc.)
Mise en œuvre adéquate du plan d'action	<ul style="list-style-type: none">■ Utilisation du matériel choisi en fonction de la précision des instruments ou des outils■ Respect des règles de sécurité■ Consignation de données■ Prise en compte des erreurs liées aux mesures (en science et technologie de l'environnement uniquement)■ Utilisation des stratégies et des techniques appropriées■ Ajustements lors de la mise en œuvre du plan d'action■ Utilisation des modes de représentation appropriés (tableaux, graphiques, schémas)
Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes	<ul style="list-style-type: none">■ Production d'explications ou de conclusions en fonction des données recueillies et des connaissances acquises■ Vérification de la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats■ Production d'un prototype respectant le cahier des charges■ Proposition d'améliorations ou de solutions nouvelles■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

Annexe II

Éléments favorisant la compréhension des critères

Interprétation appropriée de la problématique	<ul style="list-style-type: none">■ Identification des éléments pertinents de la problématique et des liens les unissant■ Proposition d'une explication, d'une solution ou d'une opinion provisoire■ Identification des principes de fonctionnement
Utilisation pertinente des connaissances scientifiques et technologiques	<ul style="list-style-type: none">■ Choix et utilisation :<ul style="list-style-type: none">■ des concepts■ des lois■ des modèles■ des théories
Production adéquate d'explications ou de solutions	<ul style="list-style-type: none">■ Production ou justification d'explications liées à la problématique■ Production ou justification de solutions liées à l'objet ou au procédé technique■ Justification des décisions ou des opinions en s'appuyant sur des connaissances scientifiques et technologiques■ Utilisation du formalisme mathématique (au besoin)■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

1. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe I.
2. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe II.

Cadre d'évaluation des apprentissages

Science et technologie

Science et technologie de l'environnement

Enseignement secondaire
2^e cycle

Table des matières

Introduction	3
Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique	
Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	4
Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques	
Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	4
Annexe I	5
Annexe II	6

Droits de reproduction

Les établissements d'enseignement sont autorisés à reproduire ce document, en totalité ou en partie. S'il est reproduit pour être vendu, le prix ne devra pas excéder le coût de reproduction. Ce document est accessible dans Internet à l'adresse suivante : [www7.mels.gouv.qc.ca/dc/evaluation/]

Cadre d'évaluation des apprentissages

Introduction

À la suite des nouvelles orientations en évaluation annoncées par la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport, le régime pédagogique a été modifié et prévoit qu'à compter du 1^{er} juillet 2011, l'évaluation s'appuiera sur le *Cadre d'évaluation des apprentissages*. Ce dernier fournit, pour chaque discipline du Programme de formation de l'école québécoise, les balises nécessaires à l'évaluation des apprentissages afin de constituer les résultats des élèves, qui seront transmis à l'intérieur du bulletin unique.

Place des connaissances dans l'évaluation

Les connaissances sont au cœur des apprentissages des élèves car elles sont à la base même des disciplines enseignées à l'école. Elles offrent aux élèves les moyens de réfléchir et de comprendre le monde. C'est par les connaissances, point de départ des apprentissages, puis par les liens qui les unissent, que les élèves développent leur compréhension des notions simples et plus complexes. Elles doivent donc être solidement acquises, comprises, appliquées et mobilisées. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Structure des cadres d'évaluation

Pour chaque discipline, le cadre d'évaluation définit les critères sur lesquels les résultats des élèves doivent s'appuyer. Ces critères d'évaluation découlent de ceux du Programme de formation.

Le cadre d'évaluation indique les pondérations permettant de constituer les résultats disciplinaires transmis à l'intérieur des bulletins. Il est conçu de façon à établir des liens directs, le cas échéant, avec les documents sur la progression des apprentissages qui fournissent des précisions sur les connaissances propres à chaque discipline du Programme de formation.

Rôle de l'enseignant en évaluation

La Loi sur l'instruction publique donne à l'enseignant le droit de *choisir les instruments d'évaluation des élèves qui lui sont confiés afin de mesurer et d'évaluer constamment et périodiquement les besoins et l'atteinte des objectifs par rapport à chacun des élèves qui lui sont confiés en se basant sur les progrès réalisés* (article 19). Il appartient donc à l'enseignant de choisir les moyens pour évaluer les apprentissages des élèves.



Cette flèche indique que l'évaluation des apprentissages s'effectue dans un processus d'aller-retour entre l'acquisition des connaissances propres à une discipline et la compréhension, l'application ainsi que la mobilisation de celles-ci. Pour s'assurer de la maîtrise des connaissances, l'enseignant doit les évaluer tout au long des apprentissages.

Les connaissances sont évaluées aux moments choisis par l'enseignant, qui détermine l'importance à accorder, dans le résultat de l'élève, aux différentes dimensions à évaluer.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

PRATIQUE : 40 %

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation¹



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Techniques
 - Stratégies*
- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

THÉORIE : 60 %

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Évaluation des apprentissages

Critères d'évaluation²



- Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages
 - Univers matériel
 - Univers vivant
 - Terre et espace
 - Univers technologique
 - Stratégies*
- Interprétation appropriée de la problématique
- Utilisation pertinente des connaissances scientifiques et technologiques
- Production adéquate d'explications ou de solutions



* Cet élément doit faire l'objet d'une rétroaction à l'élève, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués à l'intérieur des bulletins.

Annexe I

Éléments favorisant la compréhension des critères

Représentation adéquate de la situation	<ul style="list-style-type: none">■ Reformulation du problème■ Formulation d'hypothèses ou de pistes de solution
Élaboration d'un plan d'action pertinent	<ul style="list-style-type: none">■ Planification des étapes du plan d'action■ Contrôle des variables■ Choix des ressources (matériel, équipement, outil, etc.)
Mise en œuvre adéquate du plan d'action	<ul style="list-style-type: none">■ Utilisation du matériel choisi en fonction de la précision des instruments ou des outils■ Respect des règles de sécurité■ Consignation de données■ Prise en compte des erreurs liées aux mesures (en science et technologie de l'environnement uniquement)■ Utilisation des stratégies et des techniques appropriées■ Ajustements lors de la mise en œuvre du plan d'action■ Utilisation des modes de représentation appropriés (tableaux, graphiques, schémas)
Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes	<ul style="list-style-type: none">■ Production d'explications ou de conclusions en fonction des données recueillies et des connaissances acquises■ Vérification de la concordance entre l'hypothèse et l'analyse des résultats■ Production d'un prototype respectant le cahier des charges■ Proposition d'améliorations ou de solutions nouvelles■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

Annexe II

Éléments favorisant la compréhension des critères

Interprétation appropriée de la problématique	<ul style="list-style-type: none">■ Identification des éléments pertinents de la problématique et des liens les unissant■ Proposition d'une explication, d'une solution ou d'une opinion provisoire■ Identification des principes de fonctionnement
Utilisation pertinente des connaissances scientifiques et technologiques	<ul style="list-style-type: none">■ Choix et utilisation :<ul style="list-style-type: none">■ des concepts■ des lois■ des modèles■ des théories
Production adéquate d'explications ou de solutions	<ul style="list-style-type: none">■ Production ou justification d'explications liées à la problématique■ Production ou justification de solutions liées à l'objet ou au procédé technique■ Justification des décisions ou des opinions en s'appuyant sur des connaissances scientifiques et technologiques■ Utilisation du formalisme mathématique (au besoin)■ Respect de la terminologie, des règles et des conventions

1. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe I.
2. Les éléments ciblés par le critère de maîtrise des connaissances se trouvent dans la progression des apprentissages. Les éléments favorisant la compréhension des autres critères sont présentés à l'annexe II.

Chimie



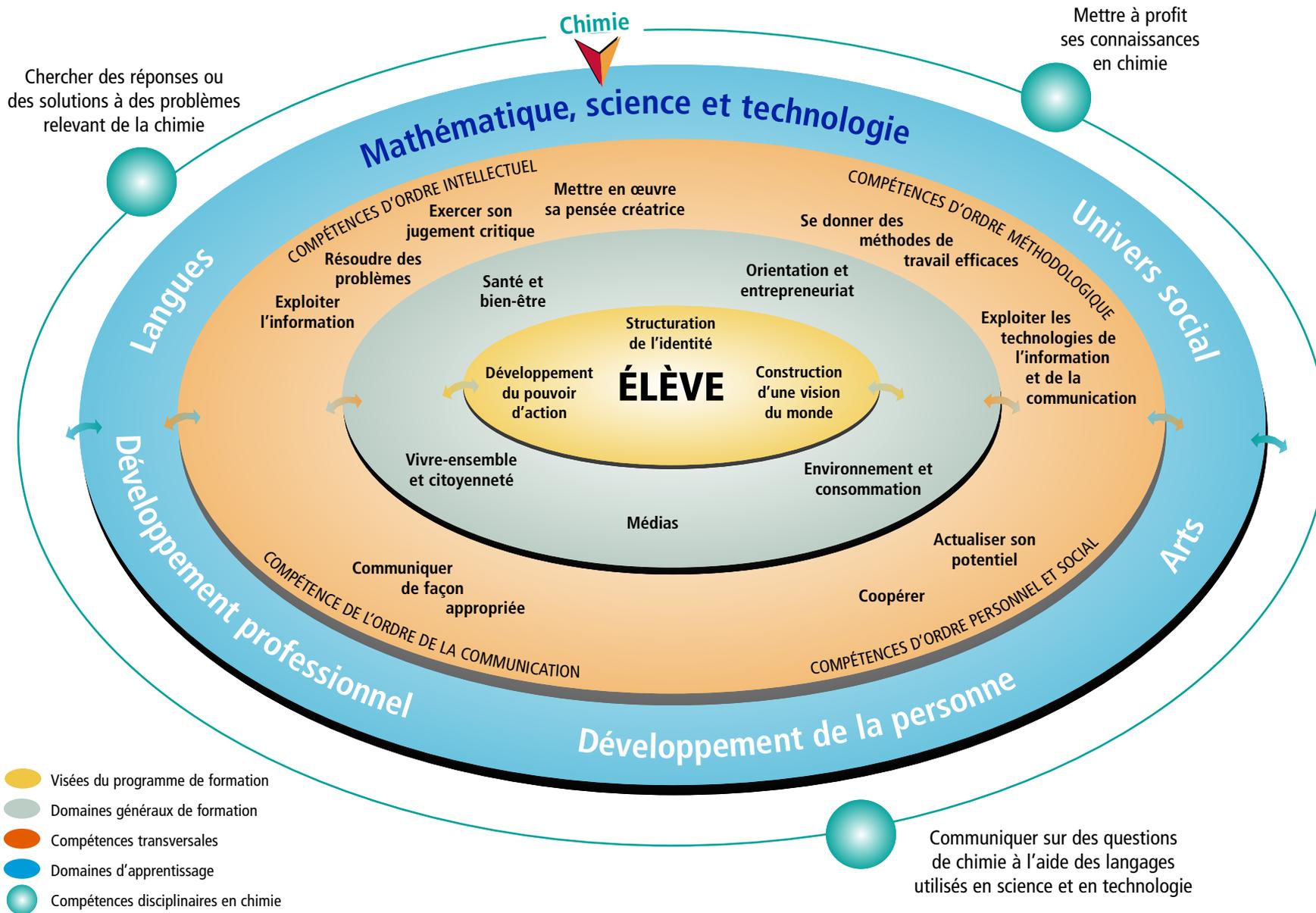
Table des matières

Chimie

Présentation de la discipline	1
La culture scientifique	1
Le programme	2
Relations entre le programme de chimie et les autres éléments du Programme de formation	4
Relations avec les domaines généraux de formation	4
Relations avec les compétences transversales	5
Relations avec les autres disciplines	6
Contexte pédagogique	8
Rôle de l'enseignant	8
Rôle de l'élève	11
Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie	12
Sens de la compétence	12
Compétence 1 et ses composantes	14
Critères d'évaluation	14
Attentes de fin de programme	14
Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en chimie	15
Sens de la compétence	15
Compétence 2 et ses composantes	16
Critères d'évaluation	16
Attentes de fin de programme	16
Compétence 3 Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie ..	17
Sens de la compétence	17
Compétence 3 et ses composantes	19
Critères d'évaluation	19
Attentes de fin de programme	19

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire ..	20
Concepts prescrits	20
Démarches, stratégies, attitudes et techniques	23
• Démarches	23
• Stratégies	25
• Attitudes	26
• Techniques	27
Annexes	
Annexe A – Contextualisation des apprentissages	28
Annexe B – Exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation	32
Annexe C – Répartition des concepts prescrits de l'univers matériel du premier et du deuxième cycle du secondaire	37
Bibliographie	45

Apport du programme de chimie au Programme de formation



Présentation de la discipline

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers. Constituée d'un ensemble de théories, de connaissances, d'observations et de démarches, elle se caractérise notamment par la recherche de modèles intelligibles, les plus simples possible, pour rendre compte de la complexité du monde. Ces modèles peuvent par la suite être combinés à des modèles existants qui deviennent de plus en plus englobants. Les théories et les modèles sont ainsi constamment mis à l'épreuve, modifiés et réorganisés au fur et à mesure que de nouvelles connaissances se construisent.

La chimie est une science qui étudie la composition, les réactions et les propriétés de la matière. Elle est au carrefour de plusieurs disciplines.

La chimie étudie, entre autres, la composition, les réactions et les propriétés de la matière. Elle est au carrefour de plusieurs disciplines, telles la physique, la biologie et la science des matériaux. Elle a la particularité de créer de nouvelles substances aux propriétés spécifiques qu'elle caractérise et étudie. Elle utilise un langage fonctionnel pour décrire les espèces chimiques. Sa symbolique, de par sa force et sa portée, ne peut être ignorée.

Les inventions et les innovations qui appartiennent à la chimie, de même que celles qu'elle partage avec d'autres disciplines, sont des plus impressionnantes. Qu'il s'agisse de santé, d'alimentation, d'environnement, de nouveaux matériaux ou d'énergie, l'apport de la chimie dans la vie quotidienne est considérable.

L'émergence rapide des savoirs scientifiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications¹ exigent des individus qu'ils disposent non seulement d'un bagage de connaissances spécifiques de ce domaine, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'adapter aux contraintes du changement. Une telle adaptation nécessite de prendre du recul par

1. Tel que présenté dans le programme d'applications technologiques et scientifiques, on entend par « application » une réalisation pratique, soit un objet technique, un système, un produit ou un procédé.

rapport aux acquis, de comprendre la portée et les limites du savoir et d'en saisir les retombées.

La culture scientifique

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de l'héritage culturel et constitue un facteur déterminant de développement. Aussi importe-t-il d'amener les élèves à élargir leur culture scientifique, de leur faire prendre conscience du rôle qu'une telle culture peut jouer dans leur capacité à prendre des décisions éclairées et de leur faire découvrir le plaisir que l'on peut retirer au contact de l'activité scientifique.

Une telle activité sollicite en effet la curiosité, l'imagination, le désir d'explorer, le plaisir d'expérimenter et de découvrir tout autant que les connaissances à acquérir et le besoin de comprendre, d'expliquer et de créer. À ce titre, la science n'est pas l'apanage de quelques initiés. La curiosité à l'égard des phénomènes qui nous entourent ainsi que la fascination pour les inventions et les innovations nous interpellent tous à des degrés divers.

L'histoire de la science est partie prenante de cette culture et doit être mise à contribution. Elle permet de mettre en perspective les découvertes scientifiques et d'enrichir la compréhension que nous en avons. Diverses ressources peuvent être mises à profit. Les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ainsi que plusieurs autres ressources communautaires constituent autant de sources où puiser pour accroître et enrichir notre culture scientifique.

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de l'héritage culturel et constitue un facteur déterminant de développement.

Le programme

Le programme de chimie s'inscrit dans le prolongement des programmes du premier et du deuxième cycle du secondaire. Il vise à consolider et à enrichir la formation scientifique des élèves et constitue un préalable permettant d'accéder à plusieurs programmes préuniversitaires ou techniques offerts par les établissements d'enseignement collégial. Il se distingue par son contenu monodisciplinaire dont les concepts prescrits sont regroupés autour des concepts généraux suivants : les gaz, l'aspect énergétique des transformations, la vitesse de réaction et l'équilibre chimique. Le contenu de formation s'inscrit dans des contextes signifiants² qui peuvent nécessiter l'intégration de savoirs associés aux univers à l'étude dans les programmes de science et technologie antérieurs de même qu'à diverses disciplines, thématiques ou problématiques. À cet égard, une attention doit être portée au renforcement des liens entre la chimie et la mathématique.

Ce programme vise le développement des trois compétences suivantes :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie;
- Mettre à profit ses connaissances en chimie;
- Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Étroitement liées, ces compétences se rattachent à des dimensions complémentaires de la science : les aspects pratiques et méthodologiques; les aspects théoriques, sociohistoriques et environnementaux; et les aspects relatifs à la communication. Les exigences relatives à leur développement sont élevées, en raison notamment de la complexité des concepts prescrits.

La première compétence met l'accent sur la méthodologie utilisée en science pour résoudre des problèmes. Elle est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen notamment de la démarche expérimentale. Les élèves sont appelés à se poser des questions, à résoudre des problèmes et à trouver des solutions en observant, en modélisant, en mesurant ou en expérimentant.

2. L'annexe A présente, pour chacun des univers, certains concepts vus antérieurement ainsi que diverses pistes de contextualisation.

La deuxième compétence porte sur l'analyse de phénomènes ou d'applications. Les élèves sont ainsi amenés à examiner des phénomènes ou des applications et à s'approprier les concepts de chimie qui permettent de les comprendre et de les expliquer.

La troisième compétence fait appel aux divers langages propres à la discipline et essentiels au partage d'information, de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique et technologique. Les élèves sont invités à participer activement à des échanges en ayant recours aux langages utilisés en science et en technologie, conformément aux règles et aux conventions établies.

Les compétences se développent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. L'appropriation des démarches utilisées en science demande en effet que l'on connaisse et mobilise les concepts et les langages qui y correspondent. Elle s'effectue dans divers contextes qui contribuent à leur donner sens et portée.

CONTRIBUTION DE L'APPRENTISSAGE DE LA CHIMIE À LA FORMATION DE L'ÉLÈVE

Aspect énergétique des transformations

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie

- Cerner un problème
- Élaborer un plan d'action
- Concrétiser le plan d'action
- Analyser les résultats

Mettre à profit ses connaissances en chimie

- Examiner un phénomène ou une application
- Comprendre des principes de chimie liés au phénomène ou à l'application
- Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie

Vision du monde

ÉLÈVE

Pouvoir d'action

Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique
- Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique
- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique

Gaz
Équilibre chimique

Vitesse de réaction

De nombreuses relations peuvent être établies entre le programme de chimie et les autres éléments du Programme de formation, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales, le programme de mathématique et les autres domaines d'apprentissage, de même que le projet intégrateur.

Relations avec les domaines généraux de formation

Les divers contextes associés aux domaines généraux de formation trouvent un écho important dans les enjeux et les défis liés aux découvertes et aux inventions, plus particulièrement dans leurs répercussions sur la santé, le bien-être, l'environnement et l'économie.

Santé et bien-être

Les savoirs acquis en chimie aident à répondre à de nombreuses interrogations concernant le fonctionnement du corps, la santé, la sécurité ou le confort. L'étude des fondements théoriques de la chimie inorganique permet de se représenter certaines transformations qui se produisent dans la matière. La compréhension des réactions chimiques que peuvent provoquer dans le corps certains éléments de l'environnement avec lesquels il est mis en contact peut inciter à adopter un mode de vie sain et une alimentation équilibrée pour mieux répondre aux besoins de l'organisme. Lorsque cela s'avère nécessaire, cette connaissance est également utile pour l'adaptation de divers produits et molécules, tels des nettoyants corporels, des produits capillaires et certains traitements, aux spécificités biochimiques des individus.

Les domaines généraux de formation font référence aux grands enjeux contemporains. Par leur manière spécifique d'aborder la réalité, les disciplines scolaires apportent un éclairage particulier sur ces enjeux, soutenant ainsi le développement d'une vision du monde élargie.

Environnement et consommation

Les savoirs scientifiques et technologiques contribuent à sensibiliser les jeunes à des questions relatives à leur environnement, comme l'exploitation des ressources naturelles, les impacts de certaines réalisations humaines ou la gestion des déchets. Plusieurs avancées de la science ont entraîné des habitudes de consommation qui ont diverses conséquences environnementales. Une prise de conscience de ces effets nous amène à modifier nos comportements. L'emploi d'une solution d'acide acétique (vinaigre blanc) pour le nettoyage des vitres est un exemple parmi d'autres d'une utilisation responsable des ressources.

Médias

Que ce soit pour s'informer, apprendre ou communiquer, les élèves ont recours aux différents médias. Il importe qu'ils apprennent à devenir critiques à l'égard des renseignements qu'ils obtiennent. Ils doivent s'approprier le matériel et les codes de communication médiatiques, et constater l'influence grandissante des médias dans leur vie quotidienne et dans la société. Les films, les journaux, la télévision et plusieurs médias électroniques traitent de sujets de nature scientifique ou technologique qui présentent de multiples liens possibles avec le quotidien des jeunes. Un solide bagage de connaissances scientifiques est souvent utile pour évaluer l'information. Ces ressources doivent être exploitées par l'enseignant. Il peut par ailleurs miser sur l'intérêt que portent les jeunes aux moyens de communication pour contextualiser les apprentissages et accroître leur motivation.

Orientation et entrepreneuriat

Les diverses activités que les élèves sont appelés à réaliser dans le cadre du programme de chimie sont autant d'occasions de les amener à mieux comprendre le travail qu'effectuent les personnes qui occupent un emploi dans ce secteur et à s'y intéresser pour leur orientation personnelle.

Les compétences propres à ce programme, de même que plusieurs des concepts, stratégies, techniques, attitudes et démarches qui les sous-tendent, s'avéreront utiles dans de nombreux secteurs d'emploi tels que les soins infirmiers, l'ingénierie et la criminologie. L'enseignant peut aider les élèves à en prendre conscience et mesurer leur intérêt pour ces secteurs et leur aptitude à s'engager dans des professions qui s'y rattachent. Une telle prise de conscience est particulièrement importante à la fin du secondaire, alors que les élèves sont appelés à préciser leur cheminement scolaire et professionnel.

Vivre-ensemble et citoyenneté

La culture scientifique et technologique que les élèves acquièrent graduellement se traduit par de nouvelles représentations de certains enjeux sociétaux, ce qui peut améliorer la qualité de leur participation à la vie de la classe, de l'école ou de la société dans son ensemble. Diverses activités, par exemple celles qui se rapportent à la manipulation sécuritaire des gaz, peuvent offrir des canevas de situations susceptibles de les aider à faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable.

Relations avec les compétences transversales

Les compétences disciplinaires offrent un ancrage privilégié pour le développement des compétences transversales et celles-ci contribuent en retour à élargir considérablement le rayon d'action des compétences disciplinaires.

Compétences d'ordre intellectuel

Les compétences d'ordre intellectuel jouent un rôle de premier plan en chimie. Ainsi, la quête de réponses à des questions d'ordre scientifique exige des élèves qu'ils exploitent l'information de façon judicieuse et se

questionnent quant à la crédibilité des sources. Cela les amène aussi à acquérir de nouvelles habiletés en matière de résolution de problèmes et à les adapter à la nature particulière de contextes divers. Élaborer et réaliser un plan d'action pour résoudre un problème ou encore expliquer un phénomène ou une application représentent par ailleurs autant de façons de mettre en œuvre leur pensée créatrice.

La société actuelle n'est pas à l'abri des pseudo-sciences. Les élèves doivent donc apprendre à exercer leur jugement critique, entre autres lorsqu'ils analysent certaines publicités, certains discours à prétention scientifique ou certaines retombées de la science et de la technologie. Il leur faut conserver une distance critique à l'égard des influences médiatiques, des pressions sociales de même que des idées reçues et faire la part des choses, notamment entre ce qui est validé par la communauté scientifique et technologique et ce qui ne l'est pas.

Compétences d'ordre méthodologique

Le souci de rigueur associé aux démarches propres à ce programme contraint les élèves à se donner des méthodes de travail efficaces. Ils apprennent aussi à respecter les normes et conventions associées à certaines de ces démarches.

L'essor des technologies de l'information et de la communication a largement contribué aux récentes avancées dans le monde de la science et de la technologie. Le fait que les élèves aient à recourir à divers outils technologiques (sondes connectées à des interfaces d'acquisition de données, dessin assisté par ordinateur, logiciels de simulation, etc.) dans la résolution de problèmes scientifiques et l'expérimentation favorise le développement de leur compétence à exploiter les technologies de l'information et de la communication.

Compétences d'ordre personnel et social

Lorsqu'ils considèrent des hypothèses ou des solutions, qu'ils passent de l'abstrait au concret ou de la décision à l'exécution, les élèves s'ouvrent à l'étendue des possibilités qui accompagnent l'action humaine. Ils envisagent une plus grande diversité d'options et acceptent de prendre des risques.

Les compétences transversales ne se construisent pas dans l'abstrait; elles prennent racine dans des contextes d'apprentissage spécifiques, le plus souvent disciplinaires.

Avec le temps, ils apprennent à se faire confiance, ils tirent profit de leurs erreurs et ils explorent de nouveaux moyens d'actualiser leur potentiel.

La construction des savoirs scientifiques appelle par ailleurs à la coopération, puisqu'elle repose largement sur le partage d'idées ou de points de vue, sur la validation par les pairs ou par des experts et sur la collaboration à diverses activités de recherche et d'expérimentation ou de résolution de problèmes.

Compétence de l'ordre de la communication

L'appropriation de concepts et l'apprentissage des langages scientifiques et technologiques concourent à la capacité des élèves à communiquer de façon appropriée. Ils doivent non seulement découvrir graduellement les codes et les conventions propres à ces langages, mais aussi apprendre à les maîtriser et à en exploiter les divers usages.

La participation des élèves à une communauté virtuelle, par exemple le fait de se joindre à un forum de discussion ou à une visioconférence pour partager de l'information, échanger des données, consulter des experts en ligne, communiquer les résultats de leur démarche et les confronter à ceux de leurs pairs, constitue une façon de mettre à profit cette compétence.

Relations avec les autres disciplines

Dans une perspective de formation intégrée, il importe de ne pas dissocier les apprentissages réalisés en chimie de ceux qui sont effectués dans d'autres domaines d'apprentissage. Toute discipline se définit, en partie du moins, par le regard particulier qu'elle porte sur le monde. La chimie peut dès lors s'enrichir de l'apport complémentaire d'autres disciplines et contribuer à les enrichir à son tour.

Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie

La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique et technologique. D'une part, elle présente un ensemble de savoirs dans lequel la science puise abondamment. Ainsi, les élèves qui entreprennent une

démarche scientifique au cours de la cinquième année du secondaire ne sont plus seulement amenés à mesurer, à dénombrer, à calculer des moyennes, à appliquer des notions de géométrie, à visualiser dans l'espace et à choisir divers modes de représentation, mais également à élaborer des argumentations ou des démonstrations formelles. La mathématique est souvent d'une grande utilité dans l'élaboration ou la construction de modèles visant à rendre compte des relations qui existent entre certaines variables déterminantes. Elle est aussi utilisée dans la résolution de problèmes, tant sur le plan expérimental que sur le plan théorique. De plus, le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels elle recourt constituent un langage rigoureux dont tire profit la science.

D'autre part, la mathématique fait appel à des compétences axées sur le raisonnement, la résolution de problèmes et la communication, lesquelles présentent une parenté avec les compétences qui sont au cœur du présent programme. Leur exercice conjoint ne peut que favoriser leur transfert et s'avère particulièrement propice au développement de la capacité d'abstraction et des stratégies de résolution de problèmes. La chimie contribue en outre à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme la notion de variable, les relations de proportionnalité et diverses fonctions.

Domaine des langues

Les disciplines du domaine des langues fournissent des outils essentiels au développement des compétences ciblées par ce programme. Qu'il s'agisse de lire ou d'écrire des textes variés ou encore de communiquer oralement, les compétences acquises dans le cours de français sont essentielles pour interpréter des informations de manière pertinente, décrire ou expliquer un phénomène et justifier certains choix méthodologiques. De son côté, le vocabulaire scientifique, très varié et souvent inédit, contribue à l'enrichissement de la langue. Soulignons enfin l'étroite relation entre la capacité d'analyser ou de produire des textes, à l'oral ou à l'écrit, et la compétence *Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*.

La réalité se laisse rarement cerner selon des logiques disciplinaires tranchées. C'est en reliant les divers champs de connaissance qu'on peut en saisir les multiples facettes.

La langue anglaise est très répandue dans les communications scientifiques à l'échelle internationale. La connaître constitue un atout. L'atteinte d'un niveau minimal de compétence en anglais s'avère donc indispensable tant pour comprendre un article à caractère scientifique ou technologique que pour participer à une communauté virtuelle ou à des activités pancanadiennes ou internationales, telle une expo-sciences. De plus, les élèves qui maîtrisent cette langue ont accès à des sources de renseignements beaucoup plus nombreuses et diversifiées.

Domaine de l'univers social

L'étude des avancées de la science et de la technologie peut éclairer notre compréhension de certains enjeux du monde contemporain. Ceux-ci s'inscrivent dans un contexte historique et dans des réalités sociales particulières qui exigent parfois de recourir à des connaissances relevant de la chimie. En retour, la compréhension de ces enjeux remet en contexte les progrès de la chimie et les recherches actuelles. Pensons, par exemple, aux pressions économiques, politiques et environnementales qui peuvent orienter la recherche de nouveaux carburants.

Domaine des arts

La chimie tire notamment profit de l'exercice de la créativité, à laquelle les disciplines artistiques concourent largement. Certaines démarches particulières à ce programme présentent en effet des liens avec la dynamique de création commune aux quatre programmes du domaine des arts. C'est le cas, entre autres, de la résolution de problèmes, qui fait appel à la créativité.

La chimie apporte en retour sa propre contribution à ces disciplines. Par exemple, l'amélioration des techniques d'utilisation des matériaux en arts plastiques découle d'une meilleure connaissance de leurs caractéristiques.

Domaine du développement de la personne

Certaines connaissances acquises dans le cours de chimie peuvent être réinvesties dans l'analyse de questions débattues en éthique et culture religieuse. Par exemple, la connaissance de la réactivité de certaines substances entre elles peut alimenter la prise de position quant à leur utilisation possible.

Des liens intéressants peuvent aussi être tissés avec le programme d'éducation physique et à la santé. Ainsi, les connaissances en chimie aident à mieux comprendre les effets de certaines molécules sur le corps et sur les performances sportives. Par ailleurs, certaines activités physiques, telle la plongée sous-marine, rendent significatifs les contenus relatifs aux propriétés des gaz.

Projet intégrateur

Tous les élèves de cinquième secondaire sont désormais invités à s'engager dans la réalisation d'un projet personnel permettant d'effectuer une intégration significative de certains des acquis accumulés au cours de leur cheminement scolaire. Des projets rattachés au domaine de la chimie, dont certains pourraient éventuellement être présentés dans le cadre d'une expo-sciences, constituent une occasion privilégiée pour un jeune de prolonger et d'approfondir une interrogation ayant suscité sa curiosité dans le cours de chimie.

Le présent programme se prête donc fort bien à la mise en œuvre d'activités interdisciplinaires. C'est en effet du regard croisé des différents domaines d'apprentissage qui composent le Programme de formation de l'école québécoise que peut émerger la formation la plus complète, la plus adéquate et la plus susceptible d'offrir aux jeunes une meilleure prise sur les réalités du XXI^e siècle.

Contexte pédagogique

Cette section présente le contexte pédagogique favorable au développement des compétences et à la construction des connaissances scientifiques prescrites dans ce programme. Le rôle de l'enseignant et celui de l'élève y sont successivement abordés.

Rôle de l'enseignant

L'enseignant joue un rôle fondamental dans le développement des compétences chez les élèves. L'accompagnement qu'il leur offre doit porter sur les trois caractéristiques des compétences : la mobilisation en contexte, la disponibilité des ressources et le retour réflexif. Il doit leur proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement des compétences visées, soutenir la progression de leurs apprentissages et évaluer le niveau qu'ils ont atteint dans le développement de ces compétences³.

Proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement des compétences

Le développement de compétences par les élèves induit le recours à une *pédagogie des situations*. C'est en effet à travers des situations d'apprentissage et d'évaluation diversifiées et signifiantes, dont la complexité augmentera à mesure que progresseront leurs apprentissages, que les élèves seront amenés à établir des liens entre ce qu'ils savent et ce qu'il leur faut apprendre et qu'ils pourront développer leurs compétences.

3. À ce sujet, on lira avec profit la section *Des pratiques renouvelées* du chapitre 1 du Programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, deuxième cycle (p. 17 à 22).

4. L'annexe B présente des exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation. Ces situations permettent parfois d'établir des liens avec les intentions éducatives des domaines généraux de formation de même qu'avec des apprentissages visés par d'autres disciplines. Elles rendent également possible l'exercice de compétences aussi bien disciplinaires que transversales.

Des situations complexes et diversifiées⁴

Les compétences se manifestent et se développent dans des situations d'apprentissage et d'évaluation d'une certaine complexité. De telles situations sont caractérisées par le fait qu'elles sollicitent au moins une compétence dans son ensemble, qu'elles exigent la mobilisation de ressources internes et externes ainsi que l'acquisition de connaissances nouvelles, qu'elles donnent lieu à une production et qu'elles placent les élèves devant un problème ouvert et non résolu auparavant. Elles sont généralement constituées d'un ensemble d'activités variées, allant de la libre exploration à des tâches impliquant un but à atteindre ou des problèmes à résoudre qui obligent à surmonter des obstacles. Certaines activités peuvent inclure des exercices d'application ou de consolidation.

Dans les activités qu'il proposera, l'enseignant veillera à ce que l'expérimentation consiste le plus souvent à valider ou à invalider une hypothèse ou une proposition que les élèves auront eux-mêmes formulée. Cela leur permettra d'établir des liens entre leurs connaissances antérieures et ce qu'ils apprennent, de même qu'entre la théorie et la pratique. Il les amènera, dans la mesure du possible, à préparer eux-mêmes les expériences à effectuer, de façon à s'en faire un modèle qui débouche sur l'écriture d'un protocole expérimental. Dans certains cas, l'enseignant pourra réaliser lui-même une expérience à titre de démonstration.

La participation active des élèves est indispensable dans toute activité de résolution de problèmes. L'enseignant s'assurera de leur faire comprendre que la phase déterminante de la résolution d'un problème est toujours sa représentation. Celle-ci doit être effectuée par les élèves et se poursuivre tout au long de l'élaboration de la solution. Il s'agit de les amener à construire un modèle du problème, si rudimentaire soit-il, et à l'ajuster et le compléter jusqu'à ce que la solution apparaisse. L'élaboration de la solution est ainsi étroitement liée à la représentation.

Il est à noter que les situations d'apprentissage et d'évaluation favorisent davantage le développement des compétences lorsqu'elles sont ouvertes. Des situations ouvertes présentent des données de départ susceptibles de mener à différentes pistes de solution. Les données initiales, tout en étant parfois complètes, sont le plus souvent implicites et peuvent même faire défaut ou être superflues. Elles exigent donc de la part des élèves une recherche qui pourra déboucher sur de nouveaux apprentissages.

Quelle que soit l'activité prévue, le retour réflexif constitue un passage obligé, en particulier lors des activités de résolution de problèmes organisées autour de situations complexes. Une attention particulière sera portée au soutien que peut constituer, pour l'élève placé devant un défi, la prise de notes. Celles-ci lui permettent de marquer les étapes de sa réflexion et de sa progression vers la solution et d'utiliser des résultats partiels comme des données. Elles constituent des aide-mémoire irremplaçables pour la résolution des problèmes, indépendamment du fait qu'elles peuvent éventuellement servir à évaluer le développement des compétences.

Des situations signifiantes

Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent être porteuses de sens pour les élèves. Pour cela, elles doivent susciter leur intérêt et leur poser des défis à leur portée tout en leur permettant de percevoir l'utilité des savoirs en cause.

Le contexte dans lequel s'inscrit une situation peut découler des domaines généraux de formation, des repères culturels, des réalités concrètes de la vie des élèves, de questions tirées de l'actualité ou d'objets conceptuels et matériels associés à la science et à la technologie. De tels contextes sont susceptibles de réactiver des acquis (savoirs scientifiques, technologiques ou mathématiques et expériences antérieures). Dans ce programme, la contextualisation favorise la construction des concepts de chimie tout en permettant l'établissement de liens avec les univers étudiés antérieurement.

Les activités dont la situation est constituée, qu'il s'agisse de stratégies répétitives, d'exercices, de tâches finalisées, d'expérimentations ou de résolution de problèmes, sont fonction des intentions pédagogiques de

l'enseignant et de l'état de développement des compétences des élèves. Elles doivent s'inscrire dans un contexte qui donne du sens aux apprentissages visés. Il appartient à l'enseignant de s'assurer que le contexte demeure présent à l'esprit des élèves sans toutefois les submerger par une trop grande quantité d'informations.

Les ressources pouvant être mises à profit

En chimie comme dans toutes les autres disciplines, l'exercice des compétences repose sur la mobilisation de ressources internes ou externes de plusieurs types : personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles et humaines. Les ressources personnelles correspondent aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes, aux techniques ou aux démarches. Certains éléments de contenu du programme de mathématique font partie intégrante des outils conceptuels indispensables à la construction des connaissances en chimie. Leur exploitation favorise le développement de la capacité d'abstraction nécessaire pour l'élaboration ou l'analyse de modèles formels issus notamment du travail du scientifique.

Les ressources informationnelles comprennent les manuels et documents divers ou tout autre élément pertinent pour la recherche d'information. La catégorie des ressources matérielles comporte notamment les instruments, les outils et les machines. Des objets usuels de toutes sortes en font également partie. Quant aux ressources institutionnelles, elles incluent les organismes publics ou parapublics tels que les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. Ce sont des richesses à exploiter pour amener les élèves à élargir leur culture scientifique.

Les enseignants constituent, avec les techniciens en travaux pratiques, les ressources humaines les plus immédiatement accessibles aux élèves. Bien qu'ils assument des fonctions différentes, ils sont indispensables sur plusieurs plans, dont celui de la sécurité. Leur apport peut être complété par celui d'enseignants d'autres disciplines, de membres du personnel scolaire, de parents ou d'experts dans un secteur particulier désireux de contribuer aux apprentissages scolaires.

Dans ce programme, la contextualisation favorise la construction des concepts de chimie tout en permettant l'établissement de liens avec les univers étudiés antérieurement.

Soutenir la progression des apprentissages

Un autre aspect de la tâche de l'enseignant est de soutenir ses élèves dans le développement de leurs compétences et, par le fait même, dans l'acquisition de connaissances. Pour cela, il doit baliser leur cheminement en tenant compte de la compétence ou de la démarche auxquelles il veut les amener à travailler plus particulièrement (par exemple, la construction d'un modèle, la formulation d'une première explication, le recours au concept de variable, l'application de la notion de mesure, la représentation des résultats). Il peut également choisir de favoriser l'exercice des trois compétences en interrelation tout en mettant l'accent sur l'une ou l'autre d'entre elles.

Il importe que l'enseignant adapte la tâche au niveau de compétence des élèves, leur donne des explications au besoin, réponde à leurs questions, propose des pistes de solution, encadre de manière plus soutenue ceux qui sont moins autonomes et s'assure du respect des règles de sécurité en laboratoire ou en atelier. Il lui revient aussi d'interagir avec ses élèves et d'assurer une interaction entre eux. Il pourra à cette fin leur demander des explications ou des exemples et susciter leur questionnement en leur proposant des contre-exemples pour relancer la discussion. Différentes stratégies pédagogiques, telles que l'approche par problèmes, l'étude de cas, la controverse ou le projet, peuvent en outre favoriser l'adoption par les élèves d'une approche réflexive, dans la mesure où elles les amènent à se poser des questions et à prendre du recul par rapport à leur démarche.

L'enseignant doit offrir un encadrement souple aux élèves. Il s'assure qu'ils ne sont pas submergés par la quantité d'informations à traiter et les soutient autant dans la sélection de données pertinentes pour l'accomplissement de la tâche ou la résolution du problème que dans la recherche de nouvelles données. Il doit aussi les inciter à la rigueur ainsi que contrôler et valider leurs productions. Il veille à ce que ses interventions n'invalident pas leurs efforts. Il explique les causes des erreurs qu'il identifie et s'assure que chacun puisse apprendre à en tirer profit.

L'enseignant demeure toujours une référence importante pour les élèves. C'est particulièrement vrai en ce qui a trait à la régulation des apprentissages et aux interventions collectives en classe. Ces dernières peuvent devenir des temps forts au cours desquels il recadre les apprentissages notionnels et fait ressortir les liens entre leurs acquis récents et leurs connaissances antérieures.

Il est également convié à jouer un rôle actif au moment d'effectuer des retours réflexifs ou d'élaborer une synthèse avec l'ensemble de la classe.

Évaluer le niveau de développement des compétences

L'évaluation du niveau de développement des compétences constitue un autre aspect important du rôle de l'enseignant. Conformément à la Politique d'évaluation des apprentissages, l'évaluation revêt une double fonction : l'aide à l'apprentissage et la reconnaissance des compétences.

L'aide à l'apprentissage

Il importe que l'enseignant observe régulièrement ses élèves afin de les aider à réajuster leur démarche et à mobiliser plus efficacement leurs ressources. Il lui faut à cette fin leur proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation nombreuses et variées, et leur présenter, pour chaque situation, des outils d'observation, d'évaluation ou de consignation. Lorsqu'il élabore ces situations et ces outils, il doit s'appuyer sur les critères d'évaluation énoncés pour la ou les compétences concernées. Il pourra ainsi se donner des indicateurs auxquels rattacher des comportements observables lui permettant d'en évaluer le niveau de développement. Il aura également intérêt à se référer aux attentes de fin de programme et aux échelles des niveaux de compétence.

Dans tous les cas, les interventions de l'enseignant doivent avoir pour objectif de permettre aux élèves de prendre conscience de leurs difficultés et d'y remédier ou de consolider des acquis. Ses observations peuvent se faire pendant qu'ils travaillent : elles appellent alors des interventions immédiates de sa part. Elles peuvent aussi être notées, ce qui permet ensuite de faire le point sur les réussites et les difficultés de chacun, de revenir avec les élèves sur les stratégies utilisées et les apprentissages réalisés, et d'ajuster son enseignement au besoin.

Soulignons enfin que, dans sa fonction d'aide à l'apprentissage, l'évaluation relève aussi de la responsabilité de chaque élève. L'enseignant pourra donc favoriser des pratiques d'autoévaluation, de coévaluation ou d'évaluation par les pairs, et proposer aux élèves des outils à cette fin.

La reconnaissance des compétences

Pour attester le niveau de développement des compétences atteint par chaque élève, l'enseignant doit disposer d'un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il pourra fonder son jugement. Pour s'assurer de la validité de ce jugement, il se référera aux critères d'évaluation et aux attentes de fin de programme fixées pour chacune des trois compétences. Il devra également utiliser les échelles des niveaux de compétence élaborées pour ce programme.

Rôle de l'élève

Bien que le dispositif pédagogique soit proposé par l'enseignant, il est important que les élèves s'y engagent pleinement. Eux seuls peuvent en effet établir les liens nécessaires entre leurs connaissances antérieures et les nouveaux concepts à intégrer. C'est à eux qu'il revient d'adapter leurs connaissances aux concepts à apprendre et les concepts à apprendre aux connaissances qu'ils utilisent déjà.

Seuls les élèves peuvent établir les liens nécessaires entre leurs connaissances antérieures et les nouveaux concepts à intégrer.

À l'aide de situations qui suscitent leur intérêt et confèrent à l'activité autonome un rôle déterminant, les élèves sont amenés à agir, à raisonner, à discuter et à faire appel à leur jugement critique. Cela exige d'eux qu'ils adoptent des attitudes telles que l'esprit d'initiative, la créativité, l'autonomie et la rigueur intellectuelle. Pour ce faire, ils doivent construire et utiliser de multiples ressources internes (connaissances et techniques, habiletés, démarches, stratégies et attitudes). Si cela est nécessaire, ils cherchent des informations variées, sélectionnent les ressources matérielles utiles à leur démarche d'apprentissage ou recourent à des ressources humaines de leur environnement immédiat. Dans certains cas, il peut être intéressant pour eux de sortir du cadre familial ou scolaire. Leur milieu, les industries, les experts et les musées leur permettent de s'ouvrir au monde extérieur et de considérer différents points de vue.

Il est important que les élèves soient en mesure de recourir aux techniques appropriées quand ils procèdent à des manipulations. S'ils utilisent des instruments de vérification ou de contrôle, ils doivent tenir compte des incertitudes liées aux mesures, qu'elles soient attribuables à l'instrument, à l'utilisateur ou à l'environnement. Ils doivent indiquer les mesures en utilisant un nombre adéquat de chiffres significatifs et analyser leurs résultats en s'appuyant sur les erreurs qui leur sont associées. En tout temps, ils doivent appliquer les normes de sécurité établies et faire preuve de prudence lors des manipulations. Dans le doute, ils feront appel à leur enseignant ou au technicien en travaux pratiques afin de s'assurer que leurs interventions sont sécuritaires ou qu'ils utilisent correctement le matériel mis à leur disposition.

Sens de la compétence

Tout comme les autres disciplines scientifiques, la chimie se caractérise par la rigueur de ses démarches de résolution de problèmes. Dans tous les cas, les problèmes comportent des données initiales, un but à atteindre ainsi que des spécifications servant à en préciser la nature, le sens et l'étendue. Le fait de chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie implique le recours à divers modes de raisonnement ainsi qu'aux démarches associées à cette discipline. Celles-ci font appel à des stratégies d'exploration ou d'analyse et nécessitent créativité, méthode et persévérance. Apprendre à recourir à ces démarches et à les articuler avec pertinence permet de mieux comprendre la nature de l'activité scientifique. Cette compétence suppose donc que l'on propose aux élèves des situations d'apprentissage et d'évaluation qui dépassent la simple application de formules connues.

Les programmes de base et les programmes optionnels de science et technologie des deux premières années du deuxième cycle du secondaire comportent des démarches à caractère scientifique ou technologique. Les élèves apprennent graduellement à intégrer plusieurs de ces démarches au sein d'une même recherche de réponses ou de solutions à des problèmes. On accorde une plus grande importance qu'auparavant aux aspects quantitatifs et au formalisme mathématique, qui s'ajoutent aux considérations qualitatives.

Au cours de la cinquième année du secondaire, la science est au cœur des préoccupations et seules les démarches à caractère scientifique sont retenues. La formalisation logique et mathématique prend une place de plus en plus importante. Rarement simples, ces problèmes soulèvent de nombreuses questions qui peuvent être regroupées en sous-problèmes, chacun renvoyant à des principes et à des démarches scientifiques.

La résolution d'un problème commence toujours par la construction de sa représentation à partir d'indices significatifs et d'éléments jugés pertinents.

Cette première représentation, parfois peu développée, pourra exiger plusieurs ajustements ultérieurs. En effet, des apprentissages nouveaux, le recours à des informations ou à des connaissances antérieures qui n'avaient pas encore été prises en compte, des échanges d'idées avec les pairs ou l'enseignant, des résultats expérimentaux imprévus, une réorganisation des informations et des connaissances donnent souvent lieu à des reformulations plus précises et plus proches du but à atteindre. La représentation initiale d'un problème peut donc être modifiée tout au long du processus. Il arrive aussi qu'une représentation juste soit élaborée dès le départ grâce à un solide bagage de connaissances spécifiques. Sur la base de la représentation du problème, des possibilités de résolution peuvent ensuite être envisagées. Après la sélection de l'une d'entre elles, un plan d'action est élaboré en tenant compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles imposées par le milieu et, d'autre part, des ressources dont on dispose pour résoudre le problème.

Lors de la mise en œuvre du plan d'action, on prend soin de consigner toutes les observations pouvant être utiles. Lorsqu'une mesure est effectuée, l'incertitude qui lui est associée est prise en compte. De nouvelles données peuvent exiger une reformulation de la représentation du problème, l'adaptation du plan de départ ou la recherche de pistes de solution plus appropriées.

Vient ensuite l'analyse, qui a trait notamment à l'organisation, à la classification, à la sériation, à la comparaison et à l'interprétation des résultats obtenus au cours du processus de résolution du problème. Elle consiste à repérer les tendances et les relations significatives qui les caractérisent, les relations qui s'établissent entre les résultats, entre les résultats et les données initiales ou entre les résultats et les concepts scientifiques. Cette mise en relation permet de formaliser le problème, de valider ou d'invalider l'hypothèse et de tirer une conclusion.

La recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de la chimie repose sur un processus dynamique et non linéaire.

Au cours de l'analyse des résultats, il importe de tenir compte des incertitudes⁵ liées aux mesures. L'interprétation de l'erreur⁶ permet de juger de l'exactitude du résultat. S'il y a lieu, une recherche des sources probables d'erreurs peut ensuite être effectuée.

À tout moment du processus de résolution du problème, des retours réflexifs doivent être effectués pour favoriser un meilleur contrôle de l'articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques utilisées et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes. Ce processus de résolution de problèmes, aussi rigoureux soit-il, implique une recherche et peut faire appel au tâtonnement. Il s'accompagne d'une prise de conscience et d'une réflexion sur les actions, de même que d'un questionnement visant à valider le travail en cours et à faire les ajustements nécessaires en fonction des buts fixés ou des choix effectués. Le résultat atteint soulevant parfois de nouveaux problèmes, les acquis sont toujours considérés comme provisoires et s'inscrivent dans un processus continu de recherche et d'élaboration de nouveaux savoirs.

La recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de la chimie repose donc sur un processus dynamique et non linéaire. Cela exige de circuler entre les différentes phases de la résolution d'un problème et de mobiliser démarches, stratégies, techniques, principes et concepts appropriés. L'articulation de ces ressources suppose que l'on soit aussi en mesure de les adapter en tenant compte de la situation et de son contexte.

Cette compétence est indissociable des deux autres et ne saurait se développer isolément. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes relevant de la chimie ne peut se faire indépendamment de l'appropriation et de la mise à profit de connaissances spécifiques. Les lois, les principes et les concepts propres à la discipline sont utilisés pour cerner un problème et pour le formuler en des termes qui le rapprochent d'une réponse ou d'une solution. Cette compétence ne peut se développer sans la maîtrise de stratégies de l'ordre de la communication. En effet, la résolution de problèmes de chimie amène les élèves à participer à des échanges d'information, à interpréter, à produire et à transmettre des messages. Le processus de validation par les pairs est incontournable, tout comme la compréhension et l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique.

5. L'incertitude (absolue ou relative) est une plage de valeurs associée au résultat d'un mesurage.

6. L'erreur est la différence entre les valeurs observées et la valeur conventionnellement admise.

Cerner un problème

Considérer le contexte de la situation • Se donner une représentation du problème • Identifier les données initiales • Déterminer les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts de chimie • Formuler des questions, des explications ou des hypothèses

Élaborer un plan d'action

Explorer quelques-unes des explications ou des solutions provisoires • Sélectionner une explication ou une solution • Déterminer les ressources nécessaires • Planifier les étapes de sa mise en œuvre

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie

Concrétiser le plan d'action

Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux ressources appropriées • Procéder aux manipulations ou aux opérations requises • Recueillir des données ou toute observation pouvant être utiles • Apporter, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action • Mener à terme le plan d'action

Analyser les résultats

Rechercher les tendances ou les relations significatives, si cela est pertinent • Établir des liens entre les résultats et les concepts de chimie • Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • S'interroger sur sa démarche • Proposer des améliorations, si nécessaire • Tirer des conclusions

Critères d'évaluation

- Représentation adéquate du problème
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence chez l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport pour la science et la technologie.

À la fin de ce programme, l'élève est en mesure de mettre en œuvre un processus de résolution de problèmes pratiques relevant de la chimie. Il s'approprie le problème à résoudre à partir des données initiales fournies dans la situation et les met en relation. Il dégage le but à atteindre ainsi que les conditions à respecter pour résoudre le problème. Il le reformule en faisant appel à des concepts de cette discipline. Il formule des questions, des explications ou des hypothèses vraisemblables, qu'il est en mesure de justifier.

L'élève propose une piste de résolution du problème. Il élabore son plan d'action en sélectionnant les démarches qui lui permettront d'atteindre son but. Il contrôle avec rigueur les variables importantes. Il choisit les outils conceptuels et le matériel pertinents.

Il concrétise son plan d'action en travaillant de façon sécuritaire et il l'ajuste au besoin. Il recueille des données en utilisant correctement le matériel choisi. Il tient compte de la précision des outils ou de l'équipement utilisés.

Il analyse les données recueillies et tire des conclusions ou des explications pertinentes. Lors de la présentation de ses résultats, il s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de l'incertitude qui s'y rattache. S'il y a lieu, il juge de l'exactitude de son résultat en fonction de l'écart qu'il observe avec une valeur conventionnellement admise.

Il énonce, s'il y a lieu, de nouvelles hypothèses ou propose des améliorations à sa solution ou de nouvelles solutions. Il est en mesure d'expliquer les étapes de son cheminement et son utilisation des ressources. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

Tout au long du processus de résolution de problèmes, l'élève fait preuve de rigueur et recourt aux explications qualitatives et au formalisme mathématique requis pour appuyer son raisonnement.

Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en chimie

Sens de la compétence

Au premier cycle du secondaire, les élèves ont appris à mettre à profit leurs connaissances scientifiques et technologiques en tentant de dégager des retombées de la science et de la technologie et de comprendre des phénomènes naturels de même que le fonctionnement de quelques objets techniques. Au cours des deux premières années du deuxième cycle, cette mise à profit se fait dans le cadre de problématiques (programmes *Science et technologie*, *Science et technologie de l'environnement* et *Science et environnement*) ou d'applications liées à des champs technologiques (programme *Applications technologiques et scientifiques*). Au cours de la cinquième année du secondaire, la mise à profit des connaissances scientifiques est orientée vers l'analyse de phénomènes ou d'applications.

Dans ce programme, les élèves sont invités à examiner, à comprendre et à expliquer des phénomènes ou des applications en faisant appel à des concepts de chimie. Il importe de préciser que, dans le cas d'une application, ils ne s'intéressent ni aux aspects ni aux concepts technologiques, mais bien aux principes scientifiques sous-jacents à son fonctionnement. Une analyse technologique sommaire peut être pertinente à la condition qu'elle mette en évidence et permette de comprendre les principes scientifiques liés à l'application.

Pour développer cette compétence, les élèves doivent d'abord situer un phénomène ou une application dans son contexte. Ils en considèrent les dimensions importantes (sociale, historique, environnementale, économique, politique, éthique ou technologique). Ce sera l'occasion pour eux de réactiver certains concepts scientifiques ou technologiques construits antérieurement. Afin de se donner une première représentation du phénomène ou de l'application qu'ils examinent, ils doivent rechercher les informations utiles et déterminer les éléments qui semblent les plus pertinents, ainsi que les relations que l'on peut établir entre eux.

Cette compétence implique que les élèves examinent, comprennent et expliquent des phénomènes ou des applications en faisant appel à des concepts de chimie.

Sous l'angle de la chimie, la compréhension d'un phénomène ou d'une application exige de reconnaître des principes qui se rapportent à cette discipline. Cette reconnaissance consiste en une description qualitative et souvent quantitative de ces principes qui mènera généralement à l'exploration et à la construction des divers concepts, lois ou modèles qui les sous-tendent. On ne saurait toutefois se limiter ici à la simple maîtrise d'un formalisme mathématique ou à l'exécution d'une recette. Il importe en effet que les élèves associent d'abord et maîtrisent ensuite les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension des principes qui permettent d'expliquer des phénomènes ou des applications sous un angle scientifique. Les démarches empirique, d'analyse, d'observation et de modélisation

constituent également des ressources dont ils peuvent tirer profit pour comprendre des principes de chimie. Comme un même principe peut intervenir dans plusieurs phénomènes ou applications, les élèves pourront aussi être appelés, si la situation le permet, à transposer l'explication proposée dans d'autres contextes.

Des retours réflexifs doivent être effectués à tout moment du processus d'explication du phénomène ou de l'application à l'étude, car ils favorisent une meilleure articulation des démarches et des stratégies mises en œuvre. De plus, il importe que ce travail métacognitif porte aussi sur l'utilisation et l'adaptation des ressources conceptuelles et des techniques aux exigences des différents contextes.

Cette compétence fait appel à des éléments de communication liés à la production, à l'interprétation et à la transmission de messages à caractère scientifique ainsi qu'à l'utilisation des langages scientifiques et technologiques.

Examiner un phénomène ou une application

Considérer les éléments du contexte • Identifier les données initiales
• Déterminer les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Se donner une représentation du phénomène ou de l'application

Comprendre des principes de chimie liés au phénomène ou à l'application

Reconnaître des principes de chimie • Décrire ces principes de manière qualitative ou quantitative
• Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles

Mettre à profit ses connaissances en chimie

Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie

Associer au phénomène ou à l'application les principes mis en évidence
• Élaborer une explication • S'interroger sur sa démarche • Transposer l'explication proposée dans d'autres contextes, s'il y a lieu

Critères d'évaluation

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois et des modèles de la chimie
- Production d'explications pertinentes
- Justification adéquate des explications

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence chez l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport pour la science et la technologie.

À la fin de ce programme, l'élève examine des applications ou des phénomènes courants à l'intérieur de leur contexte. Il est en mesure de les comprendre ou de les expliquer en faisant appel à des principes de chimie de même qu'aux démarches, aux techniques et aux stratégies appropriées.

Lorsque l'élève analyse une situation du point de vue de la chimie, il circonscrit le phénomène et en dégage les composantes scientifiques, de manière à s'en donner une première représentation qui tient compte des données initiales pertinentes.

Il émet des explications provisoires qu'il développe en prenant appui sur des concepts, des lois et des modèles de la science. Dans le cas d'une application, il peut la manipuler et la démonter au besoin afin d'en saisir les principaux sous-ensembles, de comprendre les interactions de ses constituantes et de mettre ainsi en évidence, à partir de son fonctionnement, les concepts ou principes scientifiques autour desquels elle s'articule.

L'élève produit une explication scientifique liée à un phénomène ou à une application. Il la justifie, entre autres à l'aide du formalisme mathématique. Lors de la présentation de ses résultats, il s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de l'incertitude qui s'y rattache. Il est en mesure d'expliquer son cheminement ainsi que son utilisation des ressources. Il est aussi en mesure de transférer son explication à d'autres phénomènes ou applications qui font intervenir les mêmes principes de chimie.

Compétence 3 Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans la construction de savoirs scientifiques et technologiques. Dans la mesure où ils sont socialement élaborés et institués, ils ne se construisent que dans le partage de représentations, l'échange d'idées et la négociation de points de vue. Cela exige l'emploi d'un langage standardisé, c'est-à-dire d'un code qui délimite le sens des signes linguistiques et graphiques en fonction de l'usage qu'en fait la communauté technoscientifique. La diffusion des savoirs obéit aussi à des règles. Les résultats de recherche doivent en effet être soumis à un processus de validation par les pairs avant d'être largement diffusés dans la communauté et le grand public. La communication peut donc revêtir diverses formes selon qu'elle s'adresse aux membres de cette communauté ou qu'elle vise à informer un public non initié.

Dans ce programme, les élèves sont invités à communiquer sur des questions de chimie à l'aide du langage approprié. Ils doivent savoir recourir aux normes et aux conventions utilisées en science et en technologie lorsqu'ils participent à des échanges sur des questions d'ordre scientifique ou technologique ou qu'ils interprètent ou produisent des informations de cette nature. Il importe également qu'ils apprennent à respecter la propriété intellectuelle des personnes dont ils reprennent les idées ou les résultats. Une importance toute particulière doit être accordée à l'interprétation, sans négliger pour autant la participation à des échanges ou la production de messages.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation des élèves à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique, qu'il s'agisse de partager le fruit d'un travail avec des pairs, de rechercher auprès d'experts des réponses à un questionnement ou encore de contribuer à des activités telles que l'analyse ou la conception d'objets, de systèmes ou de produits, la présentation d'un projet ou la

rédaction d'une fiche technique. Particulièrement utiles pour aider les élèves à préciser leurs représentations et à valider un point de vue en le confrontant à ceux des autres, ces situations doivent aussi viser l'adoption d'une attitude d'ouverture et de réceptivité à l'égard de la diversité des connaissances, des points de vue et des approches. Une attention particulière doit être portée au fait que certains termes n'ont pas la même signification dans le langage courant et dans le langage spécifique de la science ou de la technologie. Le sens des concepts peut également différer selon le contexte disciplinaire dans lequel ils sont utilisés. La prise en compte du contexte de la situation de communication s'avère donc indispensable pour déterminer les enjeux de l'échange et adapter son comportement en conséquence.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation des élèves à des échanges d'information de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique ou technologique.

L'interprétation, qui représente une autre composante importante de la compétence, intervient tout autant dans la lecture d'un article scientifique ou technique que dans l'écoute d'un exposé oral, dans la compréhension d'un rapport de laboratoire ou dans l'utilisation d'un cahier des charges, d'un dossier technique ou d'un plan. Toutes ces activités exigent des élèves qu'ils saisissent le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés et qu'ils donnent la signification exacte d'un graphique,

d'un schéma ou d'un dessin de détail. Ils doivent aussi établir des liens explicites entre les concepts comme tels et leur représentation graphique ou symbolique. Lorsqu'ils s'adonnent à une activité d'écoute ou qu'ils consultent des documents, il leur faut en outre vérifier la crédibilité des sources et sélectionner les informations qui leur semblent pertinentes.

En chimie, la production de messages à caractère scientifique ou technologique est également un aspect important de cette compétence puisque les situations peuvent exiger des élèves qu'ils élaborent un protocole de recherche, rédigent un rapport de laboratoire, préparent un dossier technique, résument un texte, représentent les détails d'une pièce ou fassent

un exposé. La prise en compte du destinataire ou des particularités du public ciblé constitue un passage obligé pour la délimitation du contexte de ces productions. Cela demande que les élèves déterminent un niveau d'élaboration accessible au public ciblé, structurent le message en conséquence et choisissent des formes et des modes de représentation appropriés à la communication. Le souci de bien utiliser les concepts, les formalismes, les symboles, les graphiques, les schémas et les dessins contribue à donner de la clarté, de la cohérence et de la rigueur au message. Dans ce type de communication, le recours aux technologies de l'information et de la communication peut s'avérer utile ou offrir un enrichissement substantiel.

Au cours de leur participation à un échange, les élèves doivent effectuer des retours réflexifs pour favoriser une meilleure articulation des stratégies de production et d'interprétation. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques associées à la communication, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences du contexte de l'échange.

Cette compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux autres, dont elle vient renforcer le développement. La première compétence, axée sur la résolution de problèmes relevant de la chimie, fait appel à des normes et à des conventions, et ce, tant pour l'élaboration d'un protocole de recherche ou d'un scénario de réalisation que pour l'explication de lois et de principes ou la présentation de résultats expérimentaux. Tableaux, symboles, graphiques, schémas, dessins de détail ou d'ensemble, maquettes, équations mathématiques et modèles sont autant de modes de présentation qui peuvent soutenir la communication, mais qui nécessitent de respecter les règles d'usage propres à la science, à la technologie et à la mathématique.

La deuxième compétence, qui vise la mise à profit des concepts scientifiques de chimie, exige un langage et un type de discours appropriés. Par exemple, les lois scientifiques, qui sont une façon de modéliser les phénomènes, s'expriment généralement par des définitions ou des formalismes mathématiques. Les comprendre, c'est pouvoir les relier aux phénomènes qu'ils ont pour objectif de représenter ou aux applications qui les concrétisent.

Compétence 3 et ses composantes

Participer à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique

Faire preuve d'ouverture • Valider son point de vue, son explication ou sa solution en les confrontant avec ceux d'autres personnes • Intégrer à sa langue orale et écrite un vocabulaire scientifique et technologique approprié

Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique

Faire preuve de vigilance quant à la crédibilité des sources • Repérer des informations pertinentes • Saisir le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés • Établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques • Sélectionner les éléments significatifs

Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique

Tenir compte du destinataire et du contexte • Structurer son message • Utiliser les formes de langage appropriées dans le respect des normes et des conventions établies • Recourir aux formes de présentation appropriées • Démontrer de la rigueur et de la cohérence

Critères d'évaluation

- Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique
- Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique
- Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science et à la technologie

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence chez l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport pour la science et la technologie.

Attentes de fin de programme

À la fin de ce programme, l'élève interprète et produit, sous une forme orale, écrite ou visuelle, des messages à caractère scientifique ou technologique sur des questions de chimie.

Lorsqu'il interprète un message, il a recours au langage associé à cette discipline. Selon la situation, il utilise avec rigueur tant le langage scientifique, technologique, mathématique ou symbolique que le langage courant. Il tient compte de la crédibilité de la source d'information.

Lorsque cela est nécessaire, il définit des mots, des concepts et des expressions en s'appuyant sur des sources crédibles. Parmi toute l'information consultée, il repère et utilise les éléments qu'il juge pertinents et nécessaires pour une interprétation juste du message. L'élève produit des messages structurés et clairs et les formule avec rigueur. Il respecte les conventions tout en utilisant des modes de représentation appropriés. Il choisit et utilise les outils nécessaires, dont les technologies de l'information et de la communication, qui l'aident à bien livrer son message. En tout temps, il adapte son message à ses interlocuteurs. Il est en mesure d'explicitier, en langage courant, le sens du message qu'il produit ou qu'il a interprété.

Quand la situation l'exige, l'élève confronte ses idées avec celles de ses interlocuteurs. Il défend alors ses idées, mais s'ajuste également quand les arguments d'autrui lui permettent de mieux préciser sa pensée. En tout temps, il respecte la propriété intellectuelle dans la production de son message.

Tout comme les autres programmes de science et technologie, le programme de chimie vise la consolidation et l'enrichissement de la culture scientifique et technologique des élèves. À cette intention s'ajoutent celle de former des utilisateurs de la science conscients de ses implications pour les individus, la société et l'environnement, et celle de préparer un certain nombre d'élèves à des carrières scientifiques et technologiques.

Les ressources à construire dans le cadre de ce programme s'ajoutent à celles des programmes de science et technologie antérieurs pour permettre une élaboration conceptuelle plus spécialisée dans des contextes toujours plus diversifiés associés aux univers matériel, vivant et technologique ainsi qu'à celui de la Terre et de l'espace. Les pistes de contextualisation présentées en annexe constituent des lieux d'intégration privilégiés pour le développement des compétences et la construction des ressources ciblées.

Les ressources sont présentées ici en deux parties. La première est consacrée aux concepts prescrits et la seconde, aux démarches, aux stratégies et aux attitudes à acquérir ainsi qu'aux techniques prescrites. Les démarches correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en science. Les stratégies sont mises en œuvre en vue de l'articulation des démarches. Les attitudes, qu'elles soient liées au savoir ou au savoir-agir, engagent et responsabilisent les élèves. Enfin, les techniques renvoient à des procédés méthodiques fréquemment utilisés en science. Leur rôle dans le développement des compétences s'avère fondamental.

Il est à noter que, dans ce programme, le niveau attendu pour ce qui est de l'élaboration des concepts et du développement des compétences exige le recours à divers concepts de la mathématique, notamment les équations du premier et du second degré ainsi que les fonctions polynomiales, exponentielles et logarithmiques. Ces concepts sont abordés dans les programmes de mathématique des années antérieures ou dans chacune des séquences mathématiques.

Concepts prescrits⁷

Les concepts prescrits sont regroupés autour de concepts généraux se rapportant aux gaz, à l'aspect énergétique des transformations, à la vitesse de réaction et à l'équilibre chimique. Ils sont présentés dans un tableau à deux colonnes. Dans la première colonne figurent les concepts généraux ainsi que les orientations qui précisent et contextualisent les assises conceptuelles, tout en laissant une certaine latitude à l'enseignant. À l'occasion, des notes fournissent des précisions supplémentaires sur la portée des concepts et les limites à donner à leur étude. La deuxième colonne présente une liste non limitative des concepts prescrits. Il est en effet souhaitable que la richesse des situations d'apprentissage et d'évaluation permette de dépasser les exigences minimales.

Par la suite est présenté un tableau de repères culturels. Destinés à enrichir les situations d'apprentissage et d'évaluation, ces repères contribuent à donner un caractère intégratif aux activités pédagogiques en les ancrant dans la réalité sociale, historique, culturelle ou quotidienne des élèves. Ils permettent souvent d'établir des liens avec les domaines généraux de formation et avec d'autres domaines d'apprentissage.

7. L'annexe C présente un tableau synthèse de l'ensemble des concepts prescrits de l'univers matériel, de la première à la cinquième année du secondaire.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Gaz</p> <p>L'utilisation répandue des gaz dans de nombreux domaines de l'activité humaine justifie l'étude de la réactivité de certaines substances gazeuses. Cela nous renseigne, entre autres, sur leur utilisation possible et sur la manière de les manipuler en toute sécurité.</p> <p>Les similitudes observées dans le comportement des gaz (compressibilité, expansion, diffusion, forme et volume indéfinis, etc.) ont conduit à l'élaboration de la théorie cinétique moléculaire. Au début du deuxième cycle, l'étude des gaz portait sur la relation entre la pression et le volume. Elle se poursuit dans ce programme avec la loi générale des gaz et la loi des gaz parfaits. L'utilisation de la loi de Dalton, aussi appelée « loi des pressions partielles », s'avère pertinente dans l'étude des mélanges gazeux. L'emploi de ces lois suppose une maîtrise des opérations mathématiques relatives à la conversion d'unités de mesure et le traitement d'expressions algébriques à plusieurs variables.</p> <p>L'hypothèse d'Avogadro permet de comprendre les combinaisons volumétriques lors des réactions chimiques en phase gazeuse. Corollaire de cette hypothèse, le volume molaire simplifie les calculs relatifs aux quantités de gaz consommées ou produites. Les volumes molaires retenus sont ceux établis aux conditions de température et de pression normales (0 °C et 101,3 kPa) et aux conditions de température ambiante et de pression normale (25 °C et 101,3 kPa).</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Propriétés chimiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Réactivité – Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Théorie cinétique des gaz • Loi générale des gaz • Loi des gaz parfaits • Loi de Dalton • Hypothèse d'Avogadro • Volume molaire gazeux
<p>Aspect énergétique des transformations</p> <p>Le bilan énergétique d'une transformation peut être représenté sous la forme d'un diagramme d'énergie. La construction et l'interprétation d'un tel diagramme mettent en évidence la variation de l'enthalpie (énergie emmagasinée sous forme cinétique et potentielle) des substances impliquées et certains aspects de la cinétique chimique, comme l'énergie d'activation.</p> <p>L'additivité des chaleurs de réaction (loi de Hess) ou des enthalpies de liaison figure parmi les méthodes qui permettent d'évaluer la chaleur molaire des réactions. La calorimétrie permet, quant à elle, la détermination expérimentale des quantités de chaleur impliquées lors de certaines transformations.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Diagramme énergétique – Énergie d'activation – Variation d'enthalpie – Chaleur molaire de réaction
<p>Vitesse de réaction</p> <p>Le rythme auquel les réactifs se transforment en produits est soumis à l'influence de plusieurs facteurs (nature des réactifs, concentration, surface de contact, température, catalyseurs). Les possibilités d'intervention sont donc multiples lorsqu'il s'agit d'accélérer ou de ralentir les changements qui s'opèrent dans la matière.</p> <p>L'intérêt de la loi des vitesses de réaction réside dans l'écriture d'expressions algébriques qui permettent de comparer les vitesses de diverses réactions chimiques et, dans certains cas, d'en calculer la valeur numérique. Cette loi favorise une meilleure compréhension de la nature dynamique de l'équilibre et conduit à l'expression mathématique des constantes d'équilibre.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent la vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> • Nature des réactifs • Concentration • Surface de contact • Température • Catalyseurs – Loi des vitesses de réaction

Orientations		Concepts prescrits
<p>Équilibre chimique</p> <p>L'équilibre dynamique est un état qui caractérise de nombreux systèmes chimiques, physiques et biologiques. L'étude qualitative de l'état d'équilibre et des facteurs qui l'influencent est exigée. Le principe de Le Chatelier sert, entre autres, à prévoir l'évolution des systèmes dont les conditions ont été modifiées.</p> <p>Quel que soit le système considéré, l'interprétation et le calcul de l'expression de la constante d'équilibre (constante d'ionisation de l'eau, constantes d'acidité et de basicité, constante du produit de solubilité) permettent de traiter à la fois des aspects qualitatifs et quantitatifs de l'équilibre chimique. Lorsque cela est nécessaire, le recours aux équations du premier ou du deuxième degré est de rigueur.</p> <p>La constante d'ionisation de l'eau permet de comprendre l'interdépendance entre les concentrations molaires des ions hydronium et hydroxyde. La détermination de l'une ou l'autre de ces concentrations molaires permet, avec l'emploi des fonctions logarithmiques, le calcul du pH des solutions aqueuses. La maîtrise de la notation scientifique est requise.</p> <p>Note : Lors du traitement numérique des constantes d'équilibre, il est souhaitable que les systèmes étudiés se composent de substances simples, dont les formules moléculaires sont de type XY, XY₂ ou X₂Y.</p>		<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent l'état d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Concentration • Température • Pression – Principe de Le Chatelier – Constante d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Constante d'ionisation de l'eau • Constantes d'acidité et de basicité • Constante du produit de solubilité – Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde
Repères culturels possibles		
Histoire	Ressources du milieu	Événement
<ul style="list-style-type: none"> – Amedeo Avogadro – Robert Boyle – Jacques Charles – Louis Joseph Gay-Lussac – Antoine Laurent Lavoisier – Henry Louis Le Chatelier – Edme Mariotte – Maud Leonora Menten – William Thomson 	<ul style="list-style-type: none"> Association francophone pour le savoir (ACFAS) Conseil de développement du loisir scientifique (CDLS) Conseil national de recherches Canada (CNRC) Institut de chimie du Canada (ICC) Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) 	<ul style="list-style-type: none"> Expositions scientifiques Prix Nobel de chimie

Démarches, stratégies, attitudes et techniques

Cette section porte sur les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées par le programme. Bien que distincts des concepts, ces éléments contribuent tout autant au développement des compétences. Ils s'inscrivent dans une perspective de consolidation des éléments abordés au cours des deux premières années du deuxième cycle.

Démarches

Les démarches méritent une attention particulière. Elles ne doivent pas être mises en œuvre isolément, mais dans des situations d'apprentissage et d'évaluation qui font appel à plusieurs d'entre elles. L'utilisation cohérente des démarches et leur articulation constituent une manifestation de compétence.

Cinq démarches sont présentées ici : les démarches de modélisation, d'observation et d'analyse ainsi que les démarches expérimentale et empirique.

Démarche de modélisation

La démarche de modélisation consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule mathématique, équation chimique, programme informatique ou maquette. Au fur et à mesure que la démarche progresse, le modèle se raffine et se complexifie. Il peut être valide pendant un certain temps et dans un contexte spécifique. Mais, dans plusieurs cas, il est appelé à être modifié ou rejeté. Il importe également de considérer le contexte dans lequel il a été construit. Il doit faciliter la compréhension de la réalité, expliquer certaines propriétés de ce qu'il vise à représenter et permettre la prédiction de nouveaux phénomènes observables.

Démarche d'observation

La démarche d'observation est un processus actif qui permet d'interpréter des faits selon des critères déterminés par l'observateur ainsi que par ce qui fait consensus dans un cadre disciplinaire donné. À la lumière des informations recueillies, les élèves doivent en arriver à une nouvelle compréhension des faits qui reste toutefois tributaire du contexte dans lequel s'effectue l'observation. Par sa manière d'interpréter et d'organiser les informations, l'observateur fait une relecture du monde physique en tenant compte de ses présupposés et des schémas conceptuels qui font partie intégrante de la grille qu'il applique aux faits observés. Ainsi, toute observation repose déjà sur l'établissement d'un modèle théorique provenant de celui qui observe.

Démarche d'analyse

L'analyse d'un phénomène, d'un objet ou d'un système vise à reconnaître les éléments qui les déterminent ou les composent ainsi que les interactions entre ces éléments. Elle permet d'en identifier les composantes structurales et fonctionnelles, qui peuvent être analysées à leur tour, et de déterminer leurs liens hiérarchiques ou leurs liens d'interdépendance. Dans certains cas, cette démarche amène à tirer profit d'une connaissance plus globale du système pour déterminer la fonction des parties et les relations qu'elles entretiennent. Elle permet alors de mettre à jour la dynamique d'un système complexe et d'examiner son comportement dans la durée. Cet aspect de la démarche d'analyse se révélera particulièrement fécond dans l'étude de phénomènes ou d'applications.

Démarche expérimentale

La démarche expérimentale implique d'abord la formulation de premières explications. Elle permet d'amorcer une tentative de réponse et de définir le cadre dans lequel se fera l'expérimentation. L'expérimentateur doit ensuite s'engager dans l'élaboration d'un protocole dans lequel il reconnaîtra un certain nombre de variables en vue de les manipuler. Le but de ce protocole expérimental sera de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses émises. Les interactions entre les diverses phases de la démarche expérimentale permettent de soulever de nouveaux questionnements, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de prendre en compte les limites de l'expérimentation.

Démarche empirique

La démarche empirique est une recherche de terrain sans manipulation de variables. L'absence de manipulation n'enlève rien à sa validité méthodologique. Un sondage, par exemple, est une démarche empirique qui n'a rien d'aléatoire. Les modèles intuitifs sont bien souvent à l'origine de cette démarche. Elle peut se révéler adéquate dans certaines situations puisqu'elle permet d'explorer et de se représenter les éléments d'un problème. Souvent, elle génère plusieurs idées et permet d'émettre des hypothèses et de concevoir des théories provisoires. Elle permet également de mettre au point des techniques et d'explorer des avenues possibles pour d'autres recherches.

Stratégies

Certaines stratégies, mobilisées et utilisées dans un contexte scientifique, soutiennent le développement des trois compétences de la discipline.

Stratégies d'exploration	Stratégies d'analyse
<ul style="list-style-type: none">– Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques et contextuelles éventuellement utiles pour cerner un problème ou prévoir des tendances– Évoquer des problèmes similaires déjà résolus– Généraliser à partir de plusieurs cas particuliers structurellement semblables– Anticiper les résultats d'une démarche– Élaborer divers scénarios possibles– Explorer diverses pistes de solution– Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques	<ul style="list-style-type: none">– Déterminer les contraintes et les éléments importants de la résolution d'un problème– Diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples– Faire appel à divers modes de raisonnement (ex. inférer, induire, déduire, comparer, classifier, sérier) pour traiter des informations– Reasonner par analogie pour traiter des informations et adapter ses connaissances scientifiques– Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se situer au regard d'une problématique scientifique

Attitudes

L'adoption de diverses attitudes facilite l'engagement des élèves dans les démarches utilisées et leur responsabilisation par rapport à eux-mêmes et à la société. Les attitudes constituent ainsi un facteur important dans le développement des compétences.

Attitudes intellectuelles	Attitudes comportementales
<ul style="list-style-type: none"> – Curiosité – Sens de l'initiative – Goût du risque intellectuel – Intérêt pour la confrontation des idées – Considération de solutions originales – Rigueur intellectuelle – Objectivité – Sens du travail méthodique – Souci de précision dans la mesure et le calcul – Souci d'une langue juste et précise 	<ul style="list-style-type: none"> – Discipline personnelle – Autonomie – Souci d'efficacité – Souci d'efficience – Persévérance – Sens du travail soigné – Sens des responsabilités – Sens de l'effort – Coopération efficace – Souci de la santé et de la sécurité – Respect de la vie et de l'environnement – Écoute – Respect de soi et des autres – Esprit d'équipe – Solidarité internationale à l'égard des grands problèmes de l'heure

Techniques

Souvent incontournables, les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en pratique de connaissances théoriques. Les techniques énumérées ci-dessous sont prescrites, au même titre que les concepts.

Techniques liées aux manipulations

- Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire ou d'atelier
- Utilisation d'instruments d'observation
- Préparation de solutions
- Collecte d'échantillons

Techniques liées aux mesures

- Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure (étalonnage, ajustage)
- Utilisation d'instruments de mesure
- Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, incertitudes liées aux mesures, erreurs)

Note : Lors d'opérations mathématiques sur les mesures, le calcul d'incertitude n'est pas exigé.

ANNEXE A – CONTEXTUALISATION DES APPRENTISSAGES

Cette annexe présente, pour chacun des concepts généraux du programme de chimie, un rappel des concepts prescrits qui s’y rapportent, diverses pistes de contextualisation ainsi que les concepts abordés dans les programmes de science et technologie antérieurs. Ceux-ci peuvent contribuer à l’appropriation des concepts qui sont prescrits dans le présent programme. Les pistes de contextualisation proposées évoquent des phénomènes et des applications susceptibles de réactiver des acquis. Véritables points de

convergence, ces pistes visent à favoriser le développement des trois compétences disciplinaires et l’élaboration des concepts ciblés. Proposées à titre indicatif afin de soutenir l’intervention pédagogique, elles offrent la possibilité d’intégrer des connaissances scientifiques, technologiques et mathématiques. D’autres contextes peuvent également être porteurs de sens et il revient aux enseignants de privilégier ceux qui sont les plus susceptibles de servir les intérêts des élèves.

Contextualisation des concepts de chimie et liens avec les concepts abordés antérieurement

Gaz				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Théorie cinétique des gaz • Loi générale des gaz • Loi des gaz parfaits • Loi de Dalton • Hypothèse d’Avogadro • Volume molaire gazeux – Propriétés chimiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Réactivité 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Moteur à combustion interne – Montgolfière, dirigeable et ballon-sonde – Pompe à air – Manutention, utilisation et stockage des substances gazeuses – Plongée sous-marine – Maladies respiratoires – Utilisations médicales des gaz (anesthésie, réanimation, etc.) – Utilisations agroalimentaires des gaz (conservation, mûrissement, gazéification, etc.) – Gaz de l’atmosphère primitive – Éruption volcanique – Appareil fonctionnant au gaz – Couche d’ozone – Appareils de mesure et de réglage associés au gaz (manomètre, sphygmomanomètre, baromètre, etc.) – Filtres et masques à gaz 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – États de la matière – Changement de phase – Pression, volume, température – Modèle particulière – Atome et molécule 	<ul style="list-style-type: none"> – Système respiratoire – Écotoxicologie (contaminant) – Transformation des aliments 	<ul style="list-style-type: none"> – Conditions favorables au développement de la vie – Contamination – Pergélisol – Grands épisodes de l’histoire du vivant 	<ul style="list-style-type: none"> – Matériaux (dégradation et protection) – Alliages à base de fer – Métaux et alliages non ferreux

Contextualisation des concepts de chimie et liens avec les concepts abordés antérieurement (Suite)

Aspect énergétique des transformations				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Diagramme énergétique – Énergie d'activation – Variation d'enthalpie – Chaleur molaire de réaction 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Réfrigération et climatisation – Pochettes réfrigérantes ou chauffantes – Rendement énergétique des carburants – Choix alimentaire – Régulation de la chaleur dans la géosphère – Centrale solaire (panneau solaire) – Combustible fossile – Produits pétroliers et biocarburants 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – Liaison chimique – Réactions endothermique et exothermique 	<ul style="list-style-type: none"> – Intrants et extrants – Valeur énergétique des aliments – Dynamique des écosystèmes – Flux de matière et d'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> – Échelle des temps géologiques – Manifestations naturelles de l'énergie – Flux d'énergie émis par le soleil – Ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables 	<ul style="list-style-type: none"> – Biotechnologies (biodégradation des polluants)

Contextualisation des concepts de chimie et liens avec les concepts abordés antérieurement (Suite)

Vitesse de réaction				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent la vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> • Nature des réactifs • Concentration • Surface de contact • Température • Catalyseurs – Loi des vitesses de réaction 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Vitesse de combustion – Moyens de protection contre les incendies – Convertisseur catalytique – Catalyseur et inhibiteur – Additif alimentaire – Réaction enzymatique – Pharmacocinétique (action, élimination des médicaments) – Matière plastique biodégradable – Vitesse de dissolution des engrais – Traitement des surfaces (protection) 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – Concentration – Température – Pression 	<ul style="list-style-type: none"> – Transformation des aliments – Dynamique des communautés (perturbation) – Empreinte écologique 	<ul style="list-style-type: none"> – Types de sols – Couches stratigraphiques 	<ul style="list-style-type: none"> – Biotechnologies (pasteurisation, biodégradation des polluants, traitement des eaux usées) – Alliages à base de fer – Métaux et alliages non ferreux – Bois et bois modifiés – Matières plastiques – Céramiques – Matériaux composites – Matériaux (dégradation et protection)

Contextualisation des concepts de chimie et liens avec les concepts abordés antérieurement (Suite)

Équilibre chimique				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent l'état d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Concentration • Température • Pression – Principe de Le Chatelier – Constante d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Constante d'ionisation de l'eau • Constantes d'acidité et de basicité • Constante du produit de solubilité – Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Produit d'entretien ménager – Procédé Haber – Aquariophilie – Produit d'entretien des piscines – Contrôle du pH sanguin – Contrôle de l'acidité gastrique – Impact de l'activité humaine sur les cycles biogéochimiques – Biocides (pesticide, insecticide, etc.) – Ozone stratosphérique – Dépollution physicochimique des sols 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – Dissociation électrolytique – Échelle pH – Neutralisation acidobasique – Stœchiométrie 	<ul style="list-style-type: none"> – Photosynthèse et respiration – Maintien de l'équilibre sanguin – Adaptation physique et comportementale 	<ul style="list-style-type: none"> – Contamination – Cycle du carbone, de l'azote et du phosphore – Cycle de l'eau – Effet de serre 	<ul style="list-style-type: none"> – Biotechnologies (biodégradation des polluants, traitement des eaux usées) – Matériaux composites

ANNEXE B – EXEMPLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE ET D'ÉVALUATION

La production de l'hydrogène

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement de la compétence disciplinaire 1 – *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie* – par la résolution d'un problème de nature pratique portant sur la vitesse de réaction.

2. Durée approximative

Le déroulement de l'activité nécessite deux périodes de 75 minutes.

3. Domaine général de formation touché et axe de développement

Environnement et consommation

– Construction d'un environnement sain dans une perspective de développement durable

Les travaux de recherche qui portent sur la revalorisation des matières résiduelles contribuent à améliorer la gestion de nos ressources.

4. Description de l'activité

Amorce

Durant la période estivale, votre travail dans une usine spécialisée dans la transformation du magnésium vous permet de constater que des résidus sont éliminés alors qu'ils contiennent encore du magnésium métallique. Vous suggérez à votre superviseur de traiter ces résidus avec une solution acide afin de produire du dihydrogène, un gaz pouvant servir de combustible. Votre superviseur pense qu'il serait possible de faire réagir ces résidus avec des solutions acides disponibles à l'usine. Il vous informe qu'il faudrait limiter le débit de la réaction pour qu'il se situe entre 1,2 et 1,5 litre de dihydrogène à l'heure. Il vous confie le mandat de déterminer la nature et la concentration de l'acide qui permet de produire le dihydrogène à ce rythme.

5. Production attendue

Les élèves doivent produire un rapport de laboratoire qui présente, entre autres :

- un protocole expérimental;
- les résultats expérimentaux;
- au moins deux suggestions de solutions acides à utiliser (nature et concentration à préciser) ainsi que la valeur expérimentale de la vitesse de réaction obtenue pour chaque solution;
- une justification des solutions proposées.

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 1 – *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la chimie*

- Cerner un problème
 - Représentation initiale du problème (mesure du débit de formation du gaz)
 - Identification des données pertinentes (effet de la nature et de la concentration des solutions acides sur la vitesse de réaction)
 - Formulation d'hypothèses (choix d'un acide, d'une concentration, etc.)
- Élaborer un plan d'action
 - Détermination des ressources nécessaires (choix des instruments de mesure [burette, chronomètre], des substances à utiliser, etc.)
 - Planification des étapes du plan d'action (élaboration du protocole)
- Concrétiser le plan d'action
 - Réalisation des manipulations et des opérations requises (montage expérimental, mesures, etc.)
 - Collecte des données

- Analyser les résultats
 - Établissement de liens entre les résultats obtenus et les concepts scientifiques (calcul de la vitesse de réaction, interprétation)
 - Élaboration d'une conclusion pertinente en fonction des contraintes de départ (suggestions quant à la nature de l'acide, fourchette de concentration, etc.)

7. Compétences transversales ciblées

Résoudre des problèmes; Communiquer de façon appropriée

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Concepts prescrits de l'année en cours
<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent la vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> • Nature des réactifs • Concentration – Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Loi générale des gaz • Loi des gaz parfaits • Volume molaire gazeux
Concepts abordés antérieurement
<ul style="list-style-type: none"> – Concentration (mol/L) – Stœchiométrie – Notion de mole

Démarches

- Démarche expérimentale et démarche d'analyse

Technique

- Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs)

9. Critères d'évaluation

- Représentation adéquate du problème
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

L'aquariophilie

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement des compétences disciplinaires 2 et 3 – *Mettre à profit ses connaissances en chimie* et *Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie* – à partir de l'examen d'un ensemble d'éléments de nature scientifique liés à l'aménagement d'un aquarium d'eau douce.

2. Durée approximative

Le déroulement des activités nécessite trois périodes de 75 minutes (excluant la recherche documentaire).

3. Domaine général de formation touché et axe de développement

Environnement et consommation

– Connaissance de l'environnement

Les concepts scientifiques sous-jacents aux interventions de l'aquariophile favorisent l'établissement de liens entre les divers éléments propres à un milieu.

4. Description de l'activité

Amorce

Vous possédez un aquarium d'eau douce déjà équilibré, abritant quelques plantes et habité par cinq guppys (*Poecilia reticulata*). Quelques-uns des paramètres actuels de l'aquarium sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Paramètres	Conditions actuelles
Volume d'eau	40 L
Éclairage	11 heures/jour
Température	21 °C
pH	6,8
Dureté totale de l'eau	160 mg/L

Vous désirez introduire dans cet aquarium des poissons d'une autre espèce. Sur la base de leurs comportements et de certaines caractéristiques de leur environnement, quelques espèces sont susceptibles d'être choisies, par exemple *Xiphophorus maculatus* (platy), *Poecilia velifera* (molly voile) ou *Hemigrammus erythrozonus* (néon rose). Vous devez vous informer sur les particularités de l'espèce que vous avez sélectionnée afin de déterminer les conditions optimales requises pour la cohabitation avec les guppys.

Votre tâche consiste d'abord à trouver les modifications qu'il faut apporter à la composition chimique de l'eau de l'aquarium puis à proposer une façon adéquate de procéder à ces transformations.

Activités proposées

Les élèves choisissent une espèce de poisson d'eau douce pouvant cohabiter avec les guppys et s'informent sur les besoins particuliers de cette espèce.

Une première description chimique des milieux de vie des deux espèces est élaborée. Les élèves doivent déterminer les actions à entreprendre pour modifier l'état d'équilibre de l'eau de l'aquarium existant afin de permettre la cohabitation. Présentées clairement dans un document, ces informations doivent mettre en évidence les liens qui existent entre les divers paramètres.

Les élèves doivent aussi déterminer l'emplacement idéal de l'aquarium dans la pièce où il se trouve (proximité du système de chauffage, d'une fenêtre, etc.) et justifier leur choix à l'aide d'arguments de nature scientifique.

5. Production attendue

Les élèves doivent produire un document qui inclut :

- une description du milieu et des changements envisagés;
- une présentation des liens entre les facteurs externes et leurs effets (température, pH, luminosité, concentration). La justification doit décrire les changements apportés à l'état d'équilibre;
- une proposition d'actions à entreprendre pour adapter la composition chimique de la solution aqueuse de l'aquarium aux deux espèces (ajout ou retrait de produits, emplacement, etc.);
- une justification scientifique des solutions proposées.

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 2 – Mettre à profit ses connaissances en chimie

- Examiner un phénomène ou une application
 - Identification des données initiales (recherche de la composition chimique de l'eau requise pour les deux espèces)
 - Détermination des éléments pertinents et des relations qui les unissent (identification des paramètres qui doivent être modifiés)
 - Représentation du phénomène (substances présentes, interactions possibles, concentrations)
- Comprendre des principes de chimie liés au phénomène ou à l'application
 - Reconnaissance des principes et des concepts liés à l'équilibre chimique (facteurs qui influencent l'équilibre, constante d'équilibre, principe de Le Chatelier)
 - Construction et description de ces principes
 - Mise en relation de concepts et étude de l'influence de leur variation sur l'état d'équilibre de la solution aqueuse
- Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la chimie
 - Utilisation du principe de Le Chatelier et des constantes d'équilibre afin d'expliquer l'effet des modifications suggérées sur l'état d'équilibre favorisant la cohabitation des deux espèces de poissons

Compétence 3 – Communiquer sur des questions de chimie à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique
 - Échanges sur les changements à apporter et sur la production du document
- Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique
 - Appropriation de l'information sur les deux espèces de poissons

- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique
 - Production du document

7. Compétences transversales ciblées

Exploiter l'information; Coopérer; Communiquer de façon appropriée

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Concepts prescrits de l'année en cours

- Facteurs qui influencent l'état d'équilibre
 - Concentration
 - Température
- Principe de Le Chatelier
- Constante d'équilibre
 - Constante d'ionisation de l'eau
- Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde

Concepts abordés antérieurement

- Solubilité
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Échelle pH
- Dynamique des communautés
- Perturbation

Démarches

- Démarche de modélisation et démarche d'analyse

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

9. Critères d'évaluation

Compétence 2

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois et des modèles de la chimie
- Production d'explications pertinentes
- Justification adéquate des explications

Compétence 3

- Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique
- Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique
- Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science et à la technologie

ANNEXE C – RÉPARTITION DES CONCEPTS PRESCRITS DE L'UNIVERS MATÉRIEL DU PREMIER ET DU DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE⁸

Parcours de formation générale

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Chimie
Propriétés – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité/basicité	Propriétés de la matière – Propriétés caractéristiques physiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique • Solubilité – Propriétés caractéristiques chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions <ul style="list-style-type: none"> • Concentration (% , g/L) • Soluté • Solvant 	Propriétés physiques des solutions – Concentration (ppm) – Électrolytes – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique	Propriétés physiques des solutions – Concentration (ppm, mole/L) – Force des électrolytes	Gaz – Propriétés chimiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Réactivité – Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Théorie cinétique des gaz • Loi générale des gaz • Loi des gaz parfaits • Loi de Dalton • Hypothèse d'Avogadro • Volume molaire gazeux

8. Pour obtenir la répartition complète des concepts prescrits des quatre univers du premier et du deuxième cycle du secondaire en ce qui concerne le parcours de formation générale, se référer à l'annexe D du programme *Science et technologie de l'environnement*. Pour le parcours de formation générale appliquée, cette même répartition se trouve à l'annexe D du programme *Science et environnement*.

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Chimie
Transformations <ul style="list-style-type: none"> – Changement physique – Changement chimique – Conservation de la matière – Mélanges – Solutions – Séparation des mélanges 	Transformations de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> • Dissolution • Dilution • Changement de phase – Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Décomposition et synthèse • Oxydation • Précipitation – Formes d'énergie (chimique, thermique, mécanique, rayonnante) – Modèle particulaire 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – Balancement d'équations chimiques – Loi de conservation de la masse 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Formation des sels – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique Transformations nucléaires <ul style="list-style-type: none"> – Stabilité nucléaire – Radioactivité – Fission et fusion 	Aspect énergétique des transformations <ul style="list-style-type: none"> – Diagramme énergétique – Énergie d'activation – Variation d'enthalpie – Chaleur molaire de réaction Vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent la vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> • Nature des réactifs • Concentration • Surface de contact • Température • Catalyseurs – Loi des vitesses de réaction

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
	1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Chimie
Organisation <ul style="list-style-type: none"> – Atome – Élément – Tableau périodique – Molécule 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – Familles et périodes du tableau périodique 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Neutron – Modèle atomique simplifié – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole – Nombre d'Avogadro 	Équilibre chimique <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent l'état d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Concentration • Température • Pression – Principe de Le Chatelier – Constante d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Constante d'ionisation de l'eau • Constantes d'acidité et de basicité • Constante du produit de solubilité – Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde
			Classification périodique <ul style="list-style-type: none"> – Masse atomique relative – Numéro atomique – Périodicité des propriétés – Isotopes 	

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Chimie
	Fluides – Fluide compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume	Électricité et électromagnétisme Électricité – Charge électrique – Électricité statique – Loi d'Ohm – Circuits électriques – Relation entre la puissance et l'énergie électrique Électromagnétisme – Forces d'attraction et de répulsion – Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique	Électricité et électromagnétisme Électricité – Lois de Kirchhoff – Champ électrique – Loi de Coulomb Électromagnétisme – Champ magnétique d'un solénoïde	
		Transformations de l'énergie – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre la chaleur et la température	Transformations de l'énergie – Capacité thermique massique – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l'énergie – Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement – Masse et poids – Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse	

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1^{re} et 2^e secondaire	3^e secondaire	4^e secondaire	4^e secondaire	5^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Chimie
	Ondes – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille			

Parcours de formation générale appliquée

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Chimie
Propriétés <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité/basicité 	Propriétés de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés caractéristiques physiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique – Propriétés caractéristiques chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions 		Propriétés physiques des solutions <ul style="list-style-type: none"> – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Ions – Conductibilité électrique 	Gaz <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés chimiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Réactivité – Propriétés physiques des gaz <ul style="list-style-type: none"> • Théorie cinétique des gaz • Loi générale des gaz • Loi des gaz parfaits • Loi de Dalton • Hypothèse d'Avogadro • Volume molaire gazeux
Transformations <ul style="list-style-type: none"> – Changement physique – Changement chimique – Conservation de la matière – Mélanges – Solutions – Séparation des mélanges 	Transformation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques – Transformations chimiques – Formes d'énergie – Modèle particulaire 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Oxydation 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Précipitation – Décomposition et synthèse – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – Sels – Balancement d'équations chimiques – Loi de conservation de la masse – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique 	Aspect énergétique des transformations <ul style="list-style-type: none"> – Diagramme énergétique – Énergie d'activation – Variation d'enthalpie – Chaleur molaire de réaction

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Chimie
			Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> – Dissolution – Dilution 	
Organisation <ul style="list-style-type: none"> – Atome – Élément – Tableau périodique – Molécule 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes 		Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Notation de Lewis – Particules élémentaires (proton, électron, neutron) – Modèle atomique simplifié – Masse atomique relative et isotopes – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole 	Vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent la vitesse de réaction <ul style="list-style-type: none"> • Nature des réactifs • Concentration • Surface de contact • Température • Catalyseurs – Loi des vitesses de réaction
	Fluides <ul style="list-style-type: none"> – Fluide compressible et incompressible – Pression – Relation entre la pression et le volume 	Électricité et électromagnétisme <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Charge électrique – Électricité statique – Loi d'Ohm – Circuits électriques – Relation entre la puissance et l'énergie électrique <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> – Forces d'attraction et de répulsion – Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique – Champ magnétique d'un solénoïde – Induction électromagnétique 		Équilibre chimique <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs qui influencent l'état d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Concentration • Température • Pression – Principe de Le Chatelier – Constante d'équilibre <ul style="list-style-type: none"> • Constante d'ionisation de l'eau • Constantes d'acidité et de basicité • Constante du produit de solubilité – Relation entre le pH et la concentration molaire des ions hydronium et hydroxyde

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Chimie
		Transformation de l'énergie <ul style="list-style-type: none"> – Loi de transformation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre la chaleur et la température 	Transformation de l'énergie <ul style="list-style-type: none"> – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l'énergie – Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement – Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse – Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la température 	
	Ondes <ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille 	Fluides <ul style="list-style-type: none"> – Principe d'Archimède – Principe de Pascal – Principe de Bernoulli Forces et mouvements <ul style="list-style-type: none"> – Force – Type de forces – Équilibre de deux forces – Relation entre la vitesse constante, la distance et le temps – Distinction entre la masse et le poids 		

Bibliographie

Culture scientifique et technologique

BINDI, Christophe. *Dictionnaire pratique de la métrologie : Mesure, essai et calculs d'incertitudes*, France, La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 2006, 380 p.

CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. *La culture scientifique et technique au Québec : Un bilan, rapport de conjoncture*, Québec, gouvernement du Québec, 2002, 215 p.

HASNI, Abdelkrim. *La culture scientifique et technologique à l'école : De quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer?*, communication présentée au 70^e Congrès de l'ACFAS, Québec, Université Laval, 2002, 25 p.

ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU MÈTRE. *Le Système international d'unités*, France, BIPM, 8^e éd., 2006, 180 p.

THOUIN, Marcel. *Notions de culture scientifique et technologique : Concepts de base, percées historiques et conceptions fréquentes*, Québec, MultiMondes, 2001, 480 p.

CANADA, CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION. *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature*, Toronto, gouvernement du Canada, 1997, 261 p.

DE SERRES, Margot et autres. *Intervenir sur les langages en mathématiques et en science*, Montréal, Modulo, 2003, 390 p.

FOUREZ, Gérard. *Alphabétisation scientifique et technique : Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, Bruxelles, De Boeck Université, 1994, 219 p.

GIORDAN, André. *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Paris, Belin, 1999, 239 p.

POTVIN, Patrice, Martin Riopel et Steve Masson. *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*, Québec, MultiMondes, 2007, 464 p.

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programmes d'études. Secondaire. Chimie 534*, Québec, gouvernement du Québec, 1992, 252 p.

Didactique de la science

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for All Americans, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 272 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 420 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Atlas of Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 165 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Designs for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 300 p.

Physique

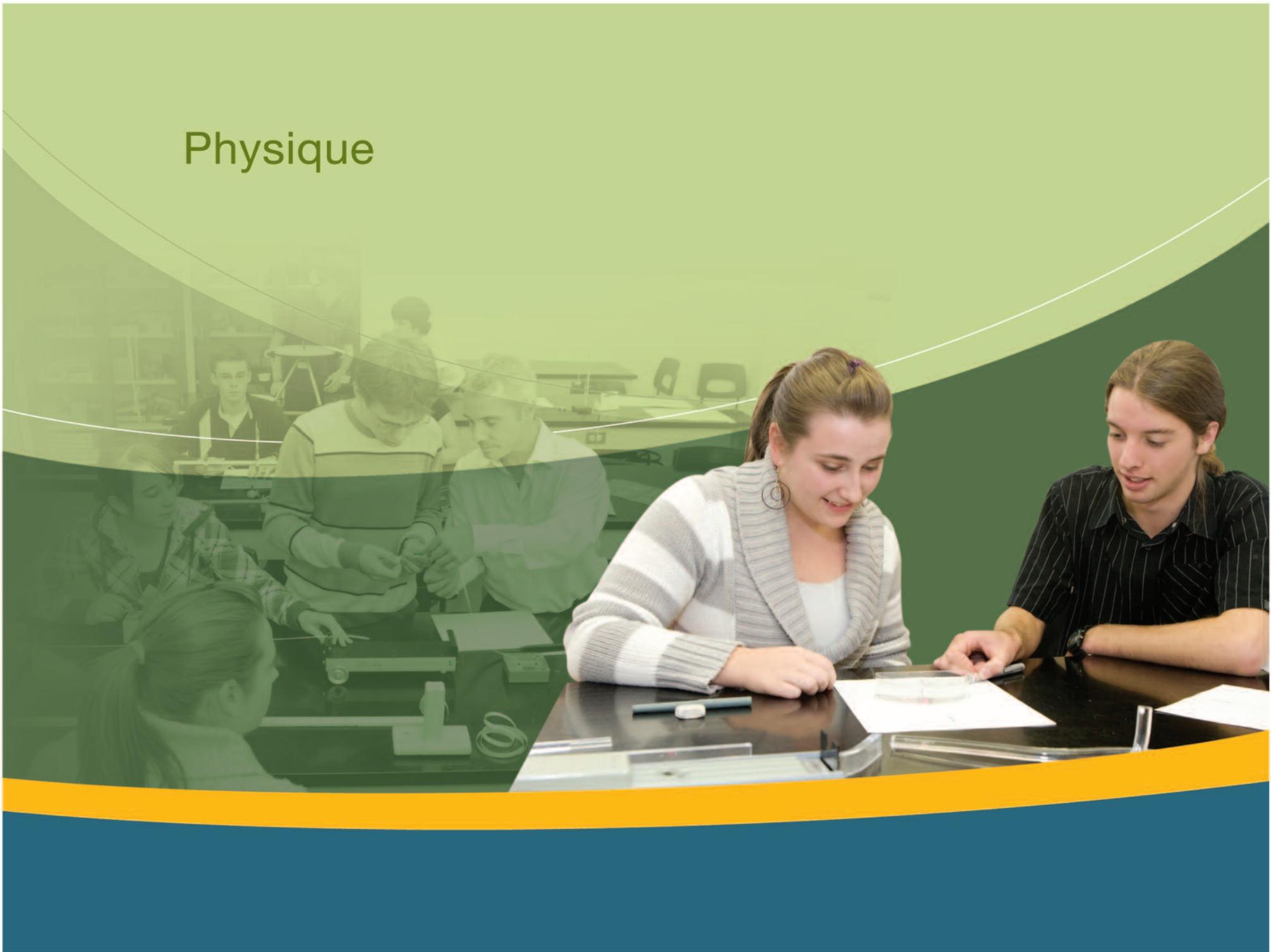


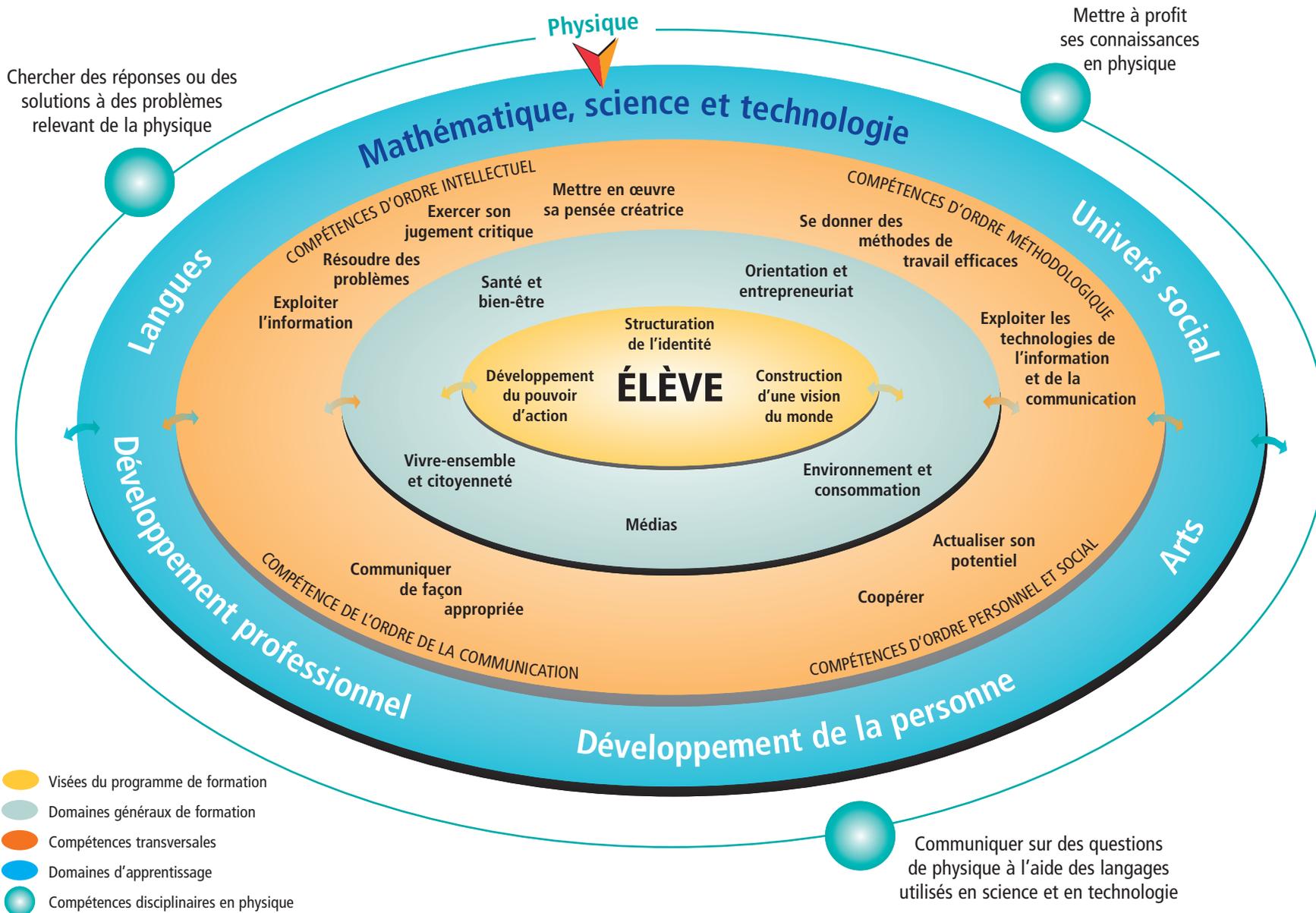
Table des matières

Physique

Présentation de la discipline	1
La culture scientifique	1
Le programme	2
Relations entre le programme de physique et les autres éléments du Programme de formation	4
Relations avec les domaines généraux de formation	4
Relations avec les compétences transversales	5
Relations avec les autres disciplines	6
Contexte pédagogique	8
Rôle de l'enseignant	8
Rôle de l'élève	12
Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique	13
Sens de la compétence	13
Compétence 1 et ses composantes	15
Critères d'évaluation	15
Attentes de fin de programme	15
Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en physique ..	16
Sens de la compétence	16
Compétence 2 et ses composantes	17
Critères d'évaluation	17
Attentes de fin de programme	17
Compétence 3 Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	18
Sens de la compétence	18
Compétence 3 et ses composantes	20
Critères d'évaluation	20
Attentes de fin de programme	20

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire ..	21
Concepts prescrits	21
Démarches, stratégies, attitudes et techniques	24
• Démarches	24
• Stratégies	26
• Attitudes	27
• Techniques	28
Annexes	
Annexe A – Contextualisation des apprentissages	29
Annexe B – Exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation	34
Annexe C – Répartition des concepts prescrits de l'univers matériel du premier et du deuxième cycle du secondaire	39
Bibliographie	47

Apport du programme de physique au Programme de formation



Présentation de la discipline

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers. Constituée d'un ensemble de théories, de connaissances, d'observations et de démarches, elle se caractérise notamment par la recherche de modèles intelligibles, les plus simples possible, pour rendre compte de la complexité du monde. Ces modèles peuvent par la suite être combinés à des modèles existants qui deviennent de plus en plus englobants. Les théories et les modèles sont ainsi constamment mis à l'épreuve, modifiés et réorganisés au fur et à mesure que de nouvelles connaissances se construisent.

Pour sa part, la physique s'intéresse, entre autres, aux composantes fondamentales de l'univers et à leurs interactions de même qu'aux forces qui s'y exercent et à leurs effets. Elle vise à expliquer divers phénomènes en établissant les lois qui les régissent. Elle développe des modèles formels pour décrire et prévoir l'évolution de systèmes.

La physique s'intéresse, entre autres, aux composantes fondamentales de l'univers, à leurs interactions, aux forces qui s'y exercent et à leurs effets.

Elle revêt aussi une grande importance pratique, notamment par sa contribution à la chimie et à l'ingénierie. Les inventions et les innovations qui appartiennent à la physique témoignent de sa vitalité et de son rôle essentiel dans le développement des sociétés. Qu'il s'agisse de santé, de sports ou de loisirs, de ressources énergétiques, de transports ou encore de télécommunications, l'apport de la physique dans la vie quotidienne est tout aussi significatif.

L'émergence rapide des savoirs scientifiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications¹ exigent des individus qu'ils disposent non seulement d'un bagage de connaissances spécifiques de ce domaine, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'adapter aux contraintes du changement. Une telle adaptation nécessite de prendre du recul par rapport aux acquis, de comprendre la portée et les limites du savoir et d'en saisir les retombées.

1. Tel que présenté dans le programme d'applications technologiques et scientifiques, on entend par « application » une réalisation pratique, soit un objet technique, un système, un produit ou un procédé.

La culture scientifique

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de l'héritage culturel et constitue un facteur déterminant de développement. Aussi importe-t-il d'amener les élèves à élargir leur culture scientifique, de leur faire prendre conscience du rôle qu'une telle culture peut jouer dans leur capacité à prendre des décisions éclairées et de leur faire découvrir le plaisir que l'on peut retirer au contact de l'activité scientifique.

Une telle activité sollicite en effet la curiosité, l'imagination, le désir d'explorer, le plaisir d'expérimenter et de découvrir tout autant que les connaissances à acquérir et le besoin de comprendre, d'expliquer et de créer. À ce titre, la science n'est pas l'apanage de quelques initiés. La curiosité à l'égard des phénomènes qui nous entourent ainsi que la fascination pour les inventions et les innovations nous interpellent tous à des degrés divers.

L'histoire de la science est partie prenante de cette culture et doit être mise à contribution. Elle permet de mettre en perspective les découvertes scientifiques et d'enrichir la compréhension que nous en avons. Diverses ressources peuvent être mises à profit. Les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ainsi que plusieurs autres ressources communautaires constituent autant de sources où puiser pour accroître et enrichir notre culture scientifique.

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de l'héritage culturel et constitue un facteur déterminant de développement.

Le programme

Le programme de physique s'inscrit dans le prolongement des programmes du premier et du deuxième cycle du secondaire. Il vise à consolider et à enrichir la formation scientifique des élèves et constitue un préalable permettant d'accéder à plusieurs programmes préuniversitaires ou techniques offerts par les établissements d'enseignement collégial. Il se distingue par son contenu monodisciplinaire dont les concepts prescrits sont regroupés autour des concepts généraux suivants : la cinématique, la dynamique, la transformation de l'énergie et l'optique géométrique. Le contenu de formation s'inscrit dans des contextes signifiants² qui peuvent nécessiter l'intégration de savoirs associés aux univers à l'étude dans les programmes de science et technologie antérieurs de même qu'à diverses disciplines, thématiques ou problématiques. À cet égard, une attention doit être portée au renforcement des liens entre la physique et la mathématique.

Ce programme vise le développement des trois compétences suivantes :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique;
- Mettre à profit ses connaissances en physique;
- Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Étroitement liées, ces compétences se rattachent à des dimensions complémentaires de la science : les aspects pratiques et méthodologiques; les aspects théoriques, sociohistoriques et environnementaux; et les aspects relatifs à la communication. Les exigences relatives à leur développement sont élevées, en raison notamment de la complexité des concepts prescrits.

La première compétence met l'accent sur la méthodologie utilisée en science pour résoudre des problèmes. Elle est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen notamment de la démarche expérimentale. Les élèves sont appelés à se poser des questions, à résoudre des problèmes et à trouver des solutions en observant, en modélisant, en mesurant ou en expérimentant.

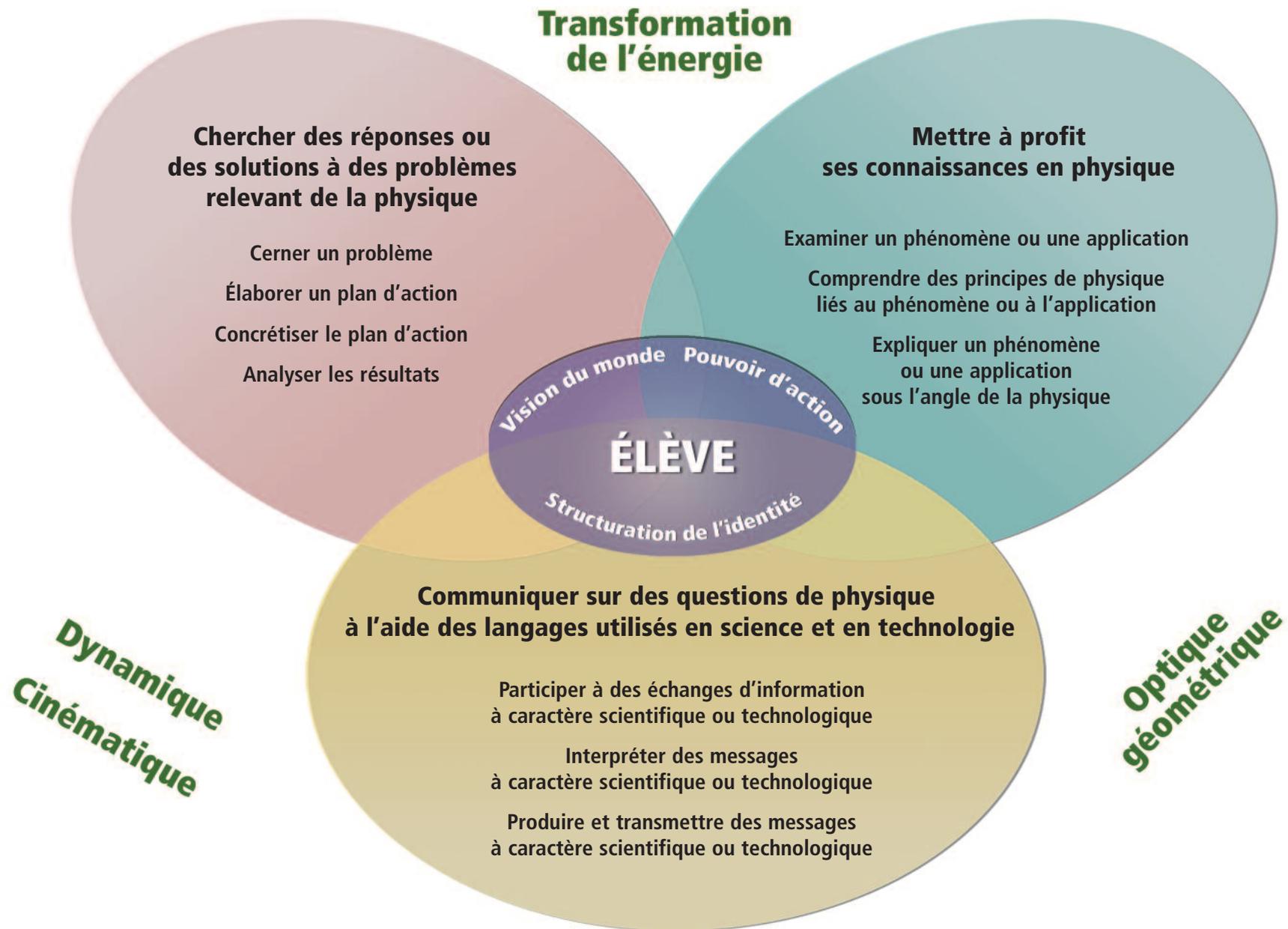
2. L'annexe A présente, pour chacun des univers, certains concepts vus antérieurement ainsi que diverses pistes de contextualisation.

La deuxième compétence porte sur l'analyse de phénomènes ou d'applications. Les élèves sont ainsi amenés à examiner des phénomènes ou des applications et à s'approprier les concepts de physique qui permettent de les comprendre et de les expliquer.

La troisième compétence fait appel aux divers langages propres à la discipline et essentiels au partage d'information, de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique et technologique. Les élèves sont invités à participer activement à des échanges en ayant recours aux langages utilisés en science et en technologie, conformément aux règles et aux conventions établies.

Les compétences se développent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. L'appropriation des démarches utilisées en science demande en effet que l'on connaisse et mobilise les concepts et les langages qui y correspondent. Elle s'effectue dans divers contextes qui contribuent à leur donner sens et portée.

CONTRIBUTION DE L'APPRENTISSAGE DE LA PHYSIQUE À LA FORMATION DE L'ÉLÈVE



Relations entre le programme de physique et les autres éléments du Programme de formation

De nombreuses relations peuvent être établies entre le programme de physique et les autres éléments du Programme de formation, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales, le programme de mathématique et les autres domaines d'apprentissage, de même que le projet intégrateur.

Relations avec les domaines généraux de formation

Les divers contextes associés aux domaines généraux de formation trouvent un écho important dans les enjeux et les défis liés aux découvertes et aux inventions, plus particulièrement dans leurs répercussions sur la santé, le bien-être, l'environnement et l'économie.

Santé et bien-être

Les savoirs acquis en physique aident à répondre à de nombreuses interrogations concernant le fonctionnement du corps, la santé, la sécurité ou le confort. Au quotidien, la compréhension de l'action des forces qui s'exercent à partir du corps ou sur le corps de même que du travail qu'elles accomplissent, dans les arts, les sports ou différents corps de métiers, permet d'augmenter l'efficacité et la performance des mouvements et de les rendre plus sécuritaires. Cette connaissance est également utile pour l'adaptation de divers objets et systèmes, tels des appareils de réadaptation ou des prothèses, aux spécificités biomécaniques des individus.

Environnement et consommation

Les savoirs scientifiques et technologiques contribuent à sensibiliser les jeunes à des questions relatives à leur environnement, comme l'exploitation des ressources naturelles, les impacts de certaines réalisations humaines ou la gestion des déchets. Plusieurs avancées de la science ont entraîné des

habitudes de consommation qui ont diverses conséquences environnementales. Une prise de conscience de ces effets nous amène à modifier nos comportements. Par exemple, les concepts liés à la transformation de l'énergie peuvent mener à des réflexions sur l'utilisation responsable des ressources.

Médias

Que ce soit pour s'informer, apprendre ou communiquer, les élèves ont recours aux différents médias. Il importe qu'ils apprennent à devenir critiques à l'égard des renseignements qu'ils obtiennent. Ils doivent s'approprier le matériel et les codes de communication médiatiques, et constater l'influence grandissante des médias dans leur vie quotidienne et dans la société. Les films, les journaux, la télévision et plusieurs médias électroniques traitent de sujets de nature scientifique ou technologique qui présentent de

multiples liens possibles avec le quotidien des jeunes. Un solide bagage de connaissances scientifiques est souvent utile pour évaluer l'information. Ces ressources doivent être exploitées par l'enseignant. Il peut par ailleurs miser sur l'intérêt que portent les jeunes aux moyens de communication pour contextualiser les apprentissages et accroître leur motivation.

Orientation et entrepreneuriat

Les diverses activités que les élèves sont appelés à réaliser dans le cadre du programme de physique sont autant d'occasions de les amener à mieux comprendre le travail qu'effectuent les personnes qui occupent un emploi dans ce secteur et à s'y intéresser pour leur orientation personnelle.

Les domaines généraux de formation font référence aux grands enjeux contemporains. Par leur manière spécifique d'aborder la réalité, les disciplines scolaires apportent un éclairage particulier sur ces enjeux, soutenant ainsi le développement d'une vision du monde élargie.

Les compétences propres à ce programme, de même que plusieurs des concepts, stratégies, techniques, attitudes et démarches qui les sous-tendent, s'avéreront utiles dans de nombreux secteurs d'emploi tels que l'ergothérapie, l'aéronautique et l'animation informatique. L'enseignant peut aider les élèves à en prendre conscience et mesurer leur intérêt pour ces secteurs et leur aptitude à s'engager dans des professions qui s'y rattachent. Une telle prise de conscience est particulièrement importante à la fin du secondaire, alors que les élèves sont appelés à préciser leur cheminement scolaire et professionnel.

Vivre-ensemble et citoyenneté

La culture scientifique et technologique que les élèves acquièrent graduellement se traduit par de nouvelles représentations de certains enjeux sociétaux, ce qui peut améliorer la qualité de leur participation à la vie de la classe, de l'école ou de la société dans son ensemble. Diverses activités, par exemple celles qui se rapportent à la conduite automobile, peuvent offrir des canevas de situations susceptibles de les aider à faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable.

Relations avec les compétences transversales

Les compétences disciplinaires offrent un ancrage privilégié pour le développement des compétences transversales et celles-ci contribuent en retour à élargir considérablement le rayon d'action des compétences disciplinaires.

Compétences d'ordre intellectuel

Les compétences d'ordre intellectuel jouent un rôle de premier plan en physique. Ainsi, la quête de réponses à des questions d'ordre scientifique exige des élèves qu'ils exploitent l'information de façon judicieuse et se questionnent quant à la crédibilité des sources. Cela les amène aussi à acquérir de nouvelles habiletés en matière de résolution de problèmes et à les adapter à la nature particulière de contextes divers. Élaborer et réaliser un plan d'action pour résoudre un problème ou encore expliquer un

phénomène ou une application représentent par ailleurs autant de façons de mettre en œuvre leur pensée créatrice.

La société actuelle n'est pas à l'abri des pseudo-sciences. Les élèves doivent donc apprendre à exercer leur jugement critique, entre autres lorsqu'ils analysent certaines publicités, certains discours à prétention scientifique ou certaines retombées de la science et de la technologie. Il leur faut conserver une distance critique à l'égard des influences médiatiques, des pressions sociales de même que des idées reçues et faire la part des choses, notamment entre ce qui est validé par la communauté scientifique et technologique et ce qui ne l'est pas.

Compétences d'ordre méthodologique

Le souci de rigueur associé aux démarches propres à ce programme contraint les élèves à se donner des méthodes de travail efficaces. Ils apprennent aussi à respecter les normes et conventions associées à certaines de ces démarches.

Les compétences transversales ne se construisent pas dans l'abstrait; elles prennent racine dans des contextes d'apprentissage spécifiques, le plus souvent disciplinaires.

L'essor des technologies de l'information et de la communication a largement contribué aux récentes avancées dans le monde de la science et de la technologie. Le fait que les élèves aient à recourir à divers outils technologiques (sondes connectées à des interfaces d'acquisition de données, dessin assisté par ordinateur, logiciels de simulation, etc.) dans la résolution de problèmes scientifiques et l'expérimentation favorise le développement de leur compétence à exploiter les technologies de l'information et de la communication.

Compétences d'ordre personnel et social

Lorsqu'ils considèrent des hypothèses ou des solutions, qu'ils passent de l'abstrait au concret ou de la décision à l'exécution, les élèves s'ouvrent à l'étendue des possibilités qui accompagnent l'action humaine. Ils envisagent une plus grande diversité d'options et acceptent de prendre des risques. Avec le temps, ils apprennent à se faire confiance, ils tirent profit de leurs erreurs et ils explorent de nouveaux moyens d'actualiser leur potentiel.

La construction des savoirs scientifiques appelle par ailleurs à la coopération, puisqu'elle repose largement sur le partage d'idées ou de points de vue, sur la validation par les pairs ou par des experts et sur la collaboration à diverses activités de recherche et d'expérimentation ou de résolution de problèmes.

Compétence de l'ordre de la communication

L'appropriation de concepts et l'apprentissage des langages scientifiques et technologiques concourent à la capacité des élèves à communiquer de façon appropriée. Ils doivent non seulement découvrir graduellement les codes et les conventions propres à ces langages, mais aussi apprendre à les maîtriser et à en exploiter les divers usages.

La participation des élèves à une communauté virtuelle, par exemple le fait de se joindre à un forum de discussion ou à une visioconférence pour partager de l'information, échanger des données, consulter des experts en ligne, communiquer les résultats de leur démarche et les confronter à ceux de leurs pairs, constitue une façon de mettre à profit cette compétence.

La réalité se laisse rarement cerner selon des logiques disciplinaires tranchées. C'est en reliant les divers champs de connaissance qu'on peut en saisir les multiples facettes.

Relations avec les autres disciplines

Dans une perspective de formation intégrée, il importe de ne pas dissocier les apprentissages réalisés en physique de ceux qui sont effectués dans d'autres domaines d'apprentissage. Toute discipline se définit, en partie du moins, par le regard particulier qu'elle porte sur le monde. La physique peut dès lors s'enrichir de l'apport complémentaire d'autres disciplines et contribuer à les enrichir à son tour.

Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie

La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique et technologique. D'une part, elle présente un ensemble de savoirs dans lequel la science puise abondamment. Ainsi, les élèves qui entreprennent une démarche scientifique au cours de la cinquième année du secondaire ne sont plus seulement amenés à mesurer, à dénombrer, à calculer des moyennes, à appliquer des notions de géométrie, à visualiser dans l'espace et à choisir divers modes de représentation, mais également à élaborer des argumentations ou des

démonstrations formelles. La mathématique est souvent d'une grande utilité dans l'élaboration ou la construction de modèles visant à rendre compte des relations qui existent entre certaines variables déterminantes. Elle est aussi utilisée dans la résolution de problèmes, tant sur le plan expérimental que sur le plan théorique. De plus, le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels elle recourt constituent un langage rigoureux dont tire profit la science.

D'autre part, la mathématique fait appel à des compétences axées sur le raisonnement, la résolution de problèmes et la communication, lesquelles présentent une parenté avec les compétences qui sont au cœur de ce programme. Leur exercice conjoint ne peut que favoriser leur transfert et s'avère particulièrement propice au développement de la capacité d'abstraction et des stratégies de résolution de problèmes. La physique contribue en outre à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme la notion de variable, les relations de proportionnalité, les vecteurs et diverses fonctions.

Domaine des langues

Les disciplines du domaine des langues fournissent des outils essentiels au développement des compétences ciblées par ce programme. Qu'il s'agisse de lire ou d'écrire des textes variés ou encore de communiquer oralement, les compétences acquises dans le cours de français sont essentielles pour interpréter des informations de manière pertinente, décrire ou expliquer un phénomène et justifier certains choix méthodologiques. De son côté, le vocabulaire scientifique, très varié et souvent inédit, contribue à l'enrichissement de la langue. Soulignons enfin l'étroite relation entre la capacité d'analyser ou de produire des textes, à l'oral ou à l'écrit, et la compétence *Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*.

La langue anglaise est très répandue dans les communications scientifiques à l'échelle internationale. La connaître constitue un atout. L'atteinte d'un niveau minimal de compétence en anglais s'avère donc indispensable tant pour comprendre un article à caractère scientifique ou technologique que pour participer à une communauté virtuelle ou à des activités pancanadiennes ou internationales, telle une expo-sciences. De plus, les élèves qui maîtrisent cette langue ont accès à des sources de renseignements beaucoup plus nombreuses et diversifiées.

Domaine de l'univers social

L'étude des avancées de la science et de la technologie peut éclairer notre compréhension de certains enjeux du monde contemporain. Ceux-ci s'inscrivent dans un contexte historique et dans des réalités sociales particulières, qui exigent parfois de recourir à des connaissances relevant de la physique. En retour, la compréhension de ces enjeux remet en contexte les progrès de la physique et permet de mieux saisir les défis liés au développement de nouveaux modes de production d'énergie.

Domaine des arts

La physique tire notamment profit de l'exercice de la créativité, à laquelle les disciplines artistiques concourent largement. Certaines démarches particulières à ce programme présentent en effet des liens avec la dynamique de création commune aux quatre programmes du domaine des arts. C'est le cas, entre autres, de la résolution de problèmes, qui fait appel à la créativité.

La physique apporte en retour sa propre contribution à ces disciplines. Par exemple, certaines connaissances relatives à la cinématique ou à la dynamique peuvent faciliter l'analyse d'un mouvement de danse ou la production d'effets spéciaux en art dramatique.

Domaine du développement de la personne

Certaines connaissances acquises dans le cours de physique peuvent être réinvesties dans l'analyse de questions débattues en éthique et culture religieuse. Par exemple, les savoirs associés à la transformation de l'énergie sont utiles dans les discussions éthiques sur des questions relatives à son utilisation.

Des liens intéressants peuvent aussi être tissés avec le programme d'éducation physique et à la santé. Ainsi, les connaissances en dynamique peuvent être mises à profit lors de la décomposition d'un mouvement afin d'en améliorer l'exécution. Les divers mouvements effectués lors d'activités physiques peuvent, pour leur part, servir d'exemples permettant de contextualiser certains des éléments de contenu de ce programme.

Projet intégrateur

Tous les élèves de cinquième secondaire sont désormais invités à s'engager dans la réalisation d'un projet personnel permettant d'effectuer une intégration significative de certains des acquis accumulés au cours de leur cheminement scolaire. Des projets rattachés au domaine de la physique, dont certains pourraient éventuellement être présentés dans le cadre d'une expo-sciences, constituent une occasion privilégiée pour un jeune de prolonger et d'approfondir une interrogation ayant suscité sa curiosité dans le cours de physique.

Le présent programme se prête donc fort bien à la mise en œuvre d'activités interdisciplinaires. C'est en effet du regard croisé des différents domaines d'apprentissage qui composent le Programme de formation de l'école québécoise que peut émerger la formation la plus complète, la plus adéquate et la plus susceptible d'offrir aux jeunes une meilleure prise sur les réalités du XXI^e siècle.

Contexte pédagogique

Rôle de l'enseignant

L'enseignant joue un rôle fondamental dans le développement des compétences chez les élèves. L'accompagnement qu'il leur offre doit porter sur les trois caractéristiques des compétences : la mobilisation en contexte, la disponibilité de ressources et le retour réflexif. Il doit leur proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement des compétences visées, soutenir la progression de leurs apprentissages et évaluer le niveau qu'ils ont atteint dans le développement de ces compétences³.

Proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement des compétences

Le développement de compétences par les élèves induit le recours à une *pédagogie des situations*. C'est en effet à travers des situations d'apprentissage et d'évaluation diversifiées et significatives, dont la complexité augmentera à mesure que progresseront leurs apprentissages, que les élèves seront amenés à établir des liens entre ce qu'ils savent et ce qu'il leur faut apprendre et qu'ils pourront développer leurs compétences.

3. À ce sujet, on relira avec profit la section *Des pratiques renouvelées* du chapitre 1 du Programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, deuxième cycle (p. 17 à 22).

Des situations complexes et diversifiées⁴

Les compétences se manifestent et se développent dans des situations d'apprentissage et d'évaluation d'une certaine complexité. De telles situations sont caractérisées par le fait qu'elles sollicitent au moins une compétence dans son ensemble, qu'elles exigent la mobilisation de ressources internes et externes ainsi que l'acquisition de connaissances nouvelles, qu'elles donnent lieu à une production et qu'elles placent les élèves devant un problème ouvert et non résolu auparavant. Elles sont généralement constituées d'un ensemble d'activités variées, allant de la libre exploration à des tâches impliquant un but à atteindre ou des problèmes à résoudre qui obligent à surmonter des obstacles. Certaines activités peuvent inclure des exercices d'application ou de consolidation.

Dans les activités qu'il proposera, l'enseignant veillera à ce que l'expérimentation consiste le plus souvent à valider ou à invalider une hypothèse ou une proposition que les élèves auront eux-mêmes formulée. Cela leur permettra d'établir des liens entre leurs connaissances antérieures et ce qu'ils apprennent, de même qu'entre la théorie et la pratique. Il les amènera, dans la mesure du possible, à préparer eux-mêmes les expériences à effectuer, de façon à s'en faire un modèle qui débouche sur l'écriture d'un protocole expérimental. Dans certains cas, l'enseignant pourra réaliser lui-même une expérience à titre de démonstration.

4. L'annexe B présente des exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation. Ces situations permettent parfois d'établir des liens avec les intentions éducatives des domaines généraux de formation de même qu'avec des apprentissages visés par d'autres disciplines. Elles rendent également possible l'exercice de compétences aussi bien disciplinaires que transversales.

La participation active des élèves est indispensable dans toute activité de résolution de problèmes. L'enseignant s'assurera de leur faire comprendre que la phase déterminante de la résolution d'un problème est toujours sa représentation. Celle-ci doit être effectuée par les élèves et se poursuivre tout au long de l'élaboration de la solution. Il s'agit de les amener à construire un modèle du problème, si rudimentaire soit-il, et à l'ajuster et le compléter jusqu'à ce que la solution apparaisse. L'élaboration de la solution est ainsi étroitement liée à la représentation.

Il est à noter que les situations d'apprentissage et d'évaluation favorisent davantage le développement des compétences lorsqu'elles sont ouvertes. Des situations ouvertes présentent des données de départ susceptibles de mener à différentes pistes de solution. Les données initiales, tout en étant parfois complètes, sont le plus souvent implicites et peuvent même faire défaut ou être superflues. Elles exigent donc de la part des élèves une recherche qui pourra déboucher sur de nouveaux apprentissages.

Quelle que soit l'activité prévue, le retour réflexif constitue un passage obligé, en particulier lors des activités de résolution de problèmes organisées autour de situations complexes. Une attention particulière sera portée au soutien que peut constituer, pour l'élève placé devant un défi, la prise de notes. Celles-ci lui permettent de marquer les étapes de sa réflexion et de sa progression vers la solution et d'utiliser des résultats partiels comme des données. Elles constituent des aide-mémoire irremplaçables pour la résolution des problèmes, indépendamment du fait qu'elles peuvent éventuellement servir à évaluer le développement des compétences.

Dans ce programme, la contextualisation favorise la construction des concepts de physique tout en permettant l'établissement de liens avec les univers étudiés antérieurement.

Des situations signifiantes

Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent être porteuses de sens pour les élèves. Pour cela, elles doivent susciter leur intérêt et leur poser des défis à leur portée tout en leur permettant de percevoir l'utilité des savoirs en cause.

Le contexte dans lequel s'inscrit une situation peut découler des domaines généraux de formation, des repères culturels, des réalités concrètes de la vie des élèves, de questions tirées de l'actualité ou d'objets conceptuels et matériels associés à la science et à la technologie. De tels contextes sont susceptibles de réactiver des acquis (savoirs scientifiques, technologiques ou mathématiques et expériences antérieures). Dans ce programme, la contextualisation favorise la construction des concepts de physique tout en permettant l'établissement de liens avec les univers étudiés antérieurement.

Les activités dont la situation est constituée, qu'il s'agisse de stratégies répétitives, d'exercices, de tâches finalisées, d'expérimentations ou de résolution de problèmes, sont fonction des intentions pédagogiques de l'enseignant et de l'état de développement des compétences des élèves. Elles doivent s'inscrire dans un contexte qui donne du sens aux apprentissages visés. Il appartient à l'enseignant de s'assurer que le contexte demeure présent à l'esprit des élèves sans toutefois les submerger par une trop grande quantité d'informations.

Les ressources pouvant être mises à profit

En physique comme dans toutes les autres disciplines, l'exercice des compétences repose sur la mobilisation de ressources internes ou externes de plusieurs types : personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles et humaines. Les ressources personnelles correspondent aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes, aux techniques ou aux démarches. Certains éléments de contenu du programme de mathématique font partie intégrante des outils conceptuels indispensables à la construction des connaissances en physique. Leur exploitation favorise le développement de la capacité d'abstraction nécessaire pour l'élaboration ou l'analyse de modèles formels issus notamment du travail du scientifique.

Les ressources informationnelles comprennent les manuels et documents divers ou tout autre élément pertinent pour la recherche d'information. La catégorie des ressources matérielles comporte notamment les instruments, les outils et les machines. Des objets usuels de toutes sortes en font également partie. Quant aux ressources institutionnelles, elles incluent les organismes publics ou parapublics tels que les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. Ce sont des richesses à exploiter pour amener les élèves à élargir leur culture scientifique.

Les enseignants constituent, avec les techniciens en travaux pratiques, les ressources humaines les plus immédiatement accessibles aux élèves. Bien qu'ils assument des fonctions différentes, ils sont indispensables sur plusieurs plans, dont celui de la sécurité. Leur apport peut être complété par celui d'enseignants d'autres disciplines, de membres du personnel scolaire, de parents ou d'experts dans un secteur particulier désireux de contribuer aux apprentissages scolaires.

Soutenir la progression des apprentissages

Un autre aspect de la tâche de l'enseignant est de soutenir ses élèves dans le développement de leurs compétences et, par le fait même, dans l'acquisition de connaissances. Pour cela, il doit baliser leur cheminement en tenant compte de la compétence ou de la démarche auxquelles il veut les amener à travailler plus particulièrement (par exemple, la construction d'un modèle, la formulation d'une première explication, le recours au concept de variable, l'application de la notion de mesure, la représentation des résultats). Il peut également choisir de favoriser l'exercice des trois compétences en interrelation tout en mettant l'accent sur l'une ou l'autre d'entre elles.

Il importe que l'enseignant adapte la tâche au niveau de compétence des élèves, leur donne des explications au besoin, réponde à leurs questions, propose des pistes de solution, encadre de manière plus soutenue ceux qui sont moins autonomes et s'assure du respect des règles de sécurité en laboratoire ou en atelier. Il lui revient aussi d'interagir avec ses élèves et d'assurer une interaction entre eux. Il pourra à cette fin leur demander des explications ou des exemples et susciter leur questionnement en leur proposant des contre-exemples pour relancer la discussion. Différentes stratégies pédagogiques, telles que l'approche par problème, l'étude de cas, la controverse ou le projet peuvent en outre favoriser l'adoption par les élèves d'une approche réflexive, dans la mesure où elles les amènent à se poser des questions et à prendre du recul par rapport à leur démarche.

L'enseignant doit offrir un encadrement souple aux élèves. Il s'assure qu'ils ne sont pas submergés par la quantité d'informations à traiter et les soutient autant dans la sélection de données pertinentes pour l'accomplissement de la tâche ou la résolution du problème que dans la recherche de nouvelles données. Il doit aussi les inciter à la rigueur ainsi que contrôler et valider leurs productions. Il veille à ce que ses interventions n'invalident pas leurs efforts. Il explique les causes des erreurs qu'il identifie et s'assure que chacun puisse apprendre à en tirer profit.

L'enseignant demeure toujours une référence importante pour les élèves. C'est particulièrement vrai en ce qui a trait à la régulation des apprentissages et aux interventions collectives en classe. Ces dernières peuvent devenir des temps forts au cours desquels il recadre les apprentissages notionnels et fait ressortir les liens entre leurs acquis récents et leurs connaissances antérieures. Il est également convié à jouer un rôle actif au moment d'effectuer des retours réflexifs ou d'élaborer une synthèse avec l'ensemble de la classe.

Évaluer le niveau de développement des compétences

L'évaluation du niveau de développement des compétences constitue un autre aspect important du rôle de l'enseignant. Conformément à la Politique d'évaluation des apprentissages, l'évaluation revêt une double fonction : l'aide à l'apprentissage et la reconnaissance des compétences.

L'aide à l'apprentissage

Il importe que l'enseignant observe régulièrement ses élèves afin de les aider à réajuster leur démarche et à mobiliser plus efficacement leurs ressources. Il lui faut à cette fin leur proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation nombreuses et variées, et leur présenter, pour chaque situation, des outils d'observation, d'évaluation ou de consignation. Lorsqu'il élabore ces situations et ces outils, il doit s'appuyer sur les critères d'évaluation énoncés pour la ou les compétences concernées. Il pourra ainsi se donner des indicateurs auxquels rattacher des comportements observables lui permettant d'en évaluer le niveau de développement. Il aura également intérêt à se référer aux attentes de fin de programme et aux échelles des niveaux de compétence.

Seuls les élèves peuvent établir les liens nécessaires entre leurs connaissances antérieures et les nouveaux concepts à intégrer.

Dans tous les cas, les interventions de l'enseignant doivent avoir pour objectif de permettre aux élèves de prendre conscience de leurs difficultés et d'y remédier ou de consolider des acquis. Ses observations peuvent se faire pendant qu'ils travaillent : elles appellent alors des interventions immédiates de sa part. Elles peuvent aussi être notées, ce qui permet ensuite de faire le point sur les réussites et les difficultés de chacun, de revenir avec les élèves sur les stratégies utilisées et les apprentissages réalisés, et d'ajuster son enseignement au besoin.

Soulignons enfin que, dans sa fonction d'aide à l'apprentissage, l'évaluation relève aussi de la responsabilité de chaque élève. L'enseignant pourra donc favoriser des pratiques d'autoévaluation, de coévaluation ou d'évaluation par les pairs, et proposer aux élèves des outils à cette fin.

La reconnaissance des compétences

Pour attester le niveau de développement des compétences atteint par chaque élève, l'enseignant doit disposer d'un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il pourra fonder son jugement. Pour s'assurer de la validité de ce jugement, il se référera aux critères d'évaluation et aux attentes de fin de programme fixées pour chacune des trois compétences. Il devra également utiliser les échelles des niveaux de compétence élaborées pour ce programme.

Rôle de l'élève

Bien que le dispositif pédagogique soit proposé par l'enseignant, il est important que les élèves s'y engagent pleinement. Eux seuls peuvent en effet établir les liens nécessaires entre leurs connaissances antérieures et les nouveaux concepts à intégrer. C'est à eux qu'il revient d'adapter leurs connaissances aux concepts à apprendre et les concepts à apprendre aux connaissances qu'ils utilisent déjà.

À l'aide de situations qui suscitent leur intérêt et confèrent à l'activité autonome un rôle déterminant, les élèves sont amenés à agir, à raisonner, à discuter et à faire appel à leur jugement critique. Cela exige d'eux qu'ils adoptent des attitudes telles que l'esprit d'initiative, la créativité, l'autonomie et la rigueur intellectuelle. Pour ce faire, ils doivent construire et utiliser de multiples ressources internes (connaissances et techniques, habiletés, démarches, stratégies et attitudes). Si cela est nécessaire, ils cherchent des informations variées, sélectionnent les ressources matérielles utiles à leur démarche d'apprentissage ou recourent à des ressources humaines de leur environnement immédiat. Dans certains cas, il peut être intéressant pour eux de sortir du cadre familial ou scolaire. Leur milieu, les industries, les experts et les musées leur permettent de s'ouvrir au monde extérieur et de considérer différents points de vue.

Seuls les élèves peuvent établir les liens nécessaires entre leurs connaissances antérieures et les nouveaux concepts à intégrer.

Il est important que les élèves soient en mesure de recourir aux techniques appropriées quand ils procèdent à des manipulations. S'ils utilisent des instruments de vérification ou de contrôle, ils doivent tenir compte des incertitudes liées aux mesures, qu'elles soient attribuables à l'instrument, à l'utilisateur ou à l'environnement. Ils doivent indiquer les mesures en utilisant un nombre adéquat de chiffres significatifs et analyser leurs résultats en s'appuyant sur les erreurs qui leur sont associées. En tout temps, ils doivent appliquer les normes de sécurité établies et faire preuve de prudence lors des manipulations. Dans le doute, ils feront appel à leur enseignant ou au technicien en travaux pratiques afin de s'assurer que leurs interventions sont sécuritaires ou qu'ils utilisent correctement le matériel mis à leur disposition.

COMPÉTENCE 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique

Sens de la compétence

Tout comme les autres disciplines scientifiques, la physique se caractérise par la rigueur de ses démarches de résolution de problèmes. Dans tous les cas, les problèmes comportent des données initiales, un but à atteindre ainsi que des spécifications servant à en préciser la nature, le sens et l'étendue. Le fait de chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique implique le recours à divers modes de raisonnement ainsi qu'aux démarches associées à cette discipline. Celles-ci font appel à des stratégies d'exploration ou d'analyse et nécessitent créativité, méthode et persévérance. Apprendre à recourir à ces démarches et à les articuler avec pertinence permet de mieux comprendre la nature de l'activité scientifique. Cette compétence suppose donc que l'on propose aux élèves des situations d'apprentissage et d'évaluation qui dépassent la simple application de formules connues.

Les programmes de base et les programmes optionnels de science et technologie des deux premières années du deuxième cycle du secondaire comportent des démarches à caractère scientifique ou technologique. Les élèves apprennent graduellement à intégrer plusieurs de ces démarches au sein d'une même recherche de réponses ou de solutions à des problèmes. On accorde une plus grande importance qu'auparavant aux aspects quantitatifs et au formalisme mathématique, qui s'ajoutent aux considérations qualitatives.

Au cours de la cinquième année du secondaire, la science est au cœur des préoccupations et seules les démarches à caractère scientifique sont retenues. La formalisation logique et mathématique prend une place de plus en plus importante. Rarement simples, ces problèmes soulèvent de nombreuses questions qui peuvent être regroupées en sous-problèmes, chacun renvoyant à des principes et à des démarches scientifiques.

La résolution d'un problème commence toujours par la construction de sa représentation à partir d'indices significatifs et d'éléments jugés pertinents.

Cette première représentation, parfois peu développée, pourra exiger plusieurs ajustements ultérieurs. En effet, des apprentissages nouveaux, le recours à des informations ou à des connaissances antérieures qui n'avaient pas encore été prises en compte, des échanges d'idées avec les pairs ou l'enseignant, des résultats expérimentaux imprévus, une réorganisation des informations et des connaissances donnent souvent lieu à des reformulations plus précises et plus proches du but à atteindre. La représentation initiale d'un problème peut donc être modifiée tout au long du processus. Il arrive aussi qu'une représentation juste soit élaborée dès le départ grâce à un solide bagage de connaissances spécifiques. Sur la base de la représentation du problème, des possibilités de résolution peuvent ensuite être envisagées. Après la sélection de l'une d'entre elles, un plan d'action est élaboré en

tenant compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles imposées par le milieu et, d'autre part, des ressources dont on dispose pour résoudre le problème.

Lors de la mise en œuvre du plan d'action, on prend soin de consigner toutes les observations pouvant être utiles. Lorsqu'une mesure est effectuée, l'incertitude qui lui est associée est prise en compte. De nouvelles données

peuvent exiger une reformulation de la représentation du problème, l'adaptation du plan de départ ou la recherche de pistes de solution plus appropriées.

Vient ensuite l'analyse, qui a trait notamment à l'organisation, à la classification, à la sériation, à la comparaison et à l'interprétation des résultats obtenus au cours du processus de résolution du problème. Elle consiste à repérer les tendances et les relations significatives qui les caractérisent, les relations qui s'établissent entre les résultats, entre les résultats et les données initiales ou entre les résultats et les concepts scientifiques. Cette mise en relation permet de formaliser le problème, de valider ou d'invalider l'hypothèse et de tirer une conclusion.

La recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de la physique repose sur un processus dynamique et non linéaire.

Au cours de l'analyse des résultats, il importe de tenir compte des incertitudes⁵ liées aux mesures. L'interprétation de l'erreur⁶ permet de juger de l'exactitude du résultat. S'il y a lieu, une recherche des sources probables d'erreurs peut ensuite être effectuée.

À tout moment du processus de résolution du problème, des retours réflexifs doivent être effectués pour favoriser un meilleur contrôle de l'articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques utilisées et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes. Ce processus de résolution de problèmes, aussi rigoureux soit-il, implique une recherche et peut faire appel au tâtonnement. Il s'accompagne d'une prise de conscience et d'une réflexion sur les actions, de même que d'un questionnement visant à valider le travail en cours et à faire les ajustements nécessaires en fonction des buts fixés ou des choix effectués. Le résultat atteint soulevant parfois de nouveaux problèmes, les acquis sont toujours considérés comme provisoires et s'inscrivent dans un processus continu de recherche et d'élaboration de nouveaux savoirs.

La recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de la physique repose donc sur un processus dynamique et non linéaire. Cela exige de circuler entre les différentes phases de la résolution d'un problème et de mobiliser démarches, stratégies, techniques, principes et concepts appropriés. L'articulation de ces ressources suppose que l'on soit aussi en mesure de les adapter en tenant compte de la situation et de son contexte.

Cette compétence est indissociable des deux autres et ne saurait se développer isolément. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes relevant de la physique ne peut se faire indépendamment de l'appropriation et de la mise à profit de connaissances spécifiques. Les lois, les principes et les concepts propres à la discipline sont utilisés pour cerner un problème et pour le formuler en des termes qui le rapprochent d'une réponse ou d'une solution. Cette compétence ne peut se développer sans la maîtrise de stratégies de l'ordre de la communication. En effet, la résolution de problèmes de physique amène les élèves à participer à des échanges d'information, à interpréter, à produire et à transmettre des messages. Le processus de validation par les pairs est incontournable tout comme la compréhension et l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique.

5. L'incertitude (absolue ou relative) est une plage de valeurs associée au résultat d'un mesurage.

6. L'erreur est la différence entre les valeurs observées et la valeur conventionnellement admise.

Compétence 1 et ses composantes

Cerner un problème

Considérer le contexte de la situation • Se donner une représentation du problème • Identifier les données initiales • Déterminer les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts de physique • Formuler des questions, des explications ou des hypothèses

Élaborer un plan d'action

Explorer quelques-unes des explications ou des solutions provisoires • Sélectionner une explication ou une solution • Déterminer les ressources nécessaires • Planifier les étapes de sa mise en œuvre

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique

Concrétiser le plan d'action

Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux ressources appropriées • Procéder aux manipulations ou aux opérations requises • Recueillir des données ou toute observation pouvant être utiles • Apporter, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action • Mener à terme le plan d'action

Analyser les résultats

Rechercher les tendances ou les relations significatives, si cela est pertinent • Établir des liens entre les résultats et les concepts de physique • Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • S'interroger sur sa démarche • Proposer des améliorations, si nécessaire • Tirer des conclusions

Critères d'évaluation

- Représentation adéquate du problème
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence chez l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport pour la science et la technologie.

Attentes de fin de programme

À la fin de ce programme, l'élève est en mesure de mettre en œuvre un processus de résolution de problèmes pratiques relevant de la physique. Il s'approprie le problème à résoudre à partir des données initiales fournies dans la situation et les met en relation. Il dégage le but à atteindre ainsi que les conditions à respecter pour résoudre le problème. Il le reformule en faisant appel à des concepts de cette discipline. Il formule des questions, des explications ou des hypothèses vraisemblables, qu'il est en mesure de justifier.

L'élève propose une piste de résolution du problème. Il élabore son plan d'action en sélectionnant les démarches qui lui permettront d'atteindre son but. Il contrôle avec rigueur les variables importantes. Il choisit les outils conceptuels et le matériel pertinents.

Il concrétise son plan d'action en travaillant de façon sécuritaire et il l'ajuste au besoin. Il recueille des données en utilisant correctement le matériel choisi. Il tient compte de la précision des outils ou de l'équipement utilisés.

Il analyse les données recueillies et tire des conclusions ou des explications pertinentes. Lors de la présentation de ses résultats, il s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de l'incertitude qui s'y rattache. S'il y a lieu, il juge de l'exactitude de son résultat en fonction de l'écart qu'il observe avec une valeur conventionnellement admise. Il énonce, s'il y a lieu, de nouvelles hypothèses ou propose des améliorations à sa solution ou de nouvelles solutions. Il est en mesure d'expliquer les étapes de son cheminement et son utilisation des ressources. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

Tout au long du processus de résolution de problèmes, il fait preuve de rigueur et recourt aux explications qualitatives et au formalisme mathématique requis pour appuyer son raisonnement.

Sens de la compétence

Au premier cycle du secondaire, les élèves ont appris à mettre à profit leurs connaissances scientifiques et technologiques en tentant de dégager des retombées de la science et de la technologie et de comprendre des phénomènes naturels de même que le fonctionnement de quelques objets techniques. Au cours des deux premières années du deuxième cycle, cette mise à profit se fait dans le cadre de problématiques (programmes *Science et technologie*, *Science et technologie de l'environnement* et *Science et environnement*) ou d'applications liées à des champs technologiques (programme *Applications technologiques et scientifiques*). Au cours de la cinquième année du secondaire, la mise à profit des connaissances scientifiques est orientée vers l'analyse de phénomènes ou d'applications.

Dans ce programme, les élèves sont invités à examiner, à comprendre et à expliquer des phénomènes ou des applications en faisant appel à des concepts de physique. Il importe de préciser que, dans le cas d'une application, ils ne s'intéressent ni aux aspects ni aux concepts technologiques, mais bien aux principes scientifiques sous-jacents à son fonctionnement. Une analyse technologique sommaire peut être pertinente à la condition qu'elle mette en évidence et permette de comprendre les principes scientifiques liés à l'application.

Pour développer cette compétence, les élèves doivent d'abord situer un phénomène ou une application dans son contexte. Ils en considèrent les dimensions importantes (sociale, historique, environnementale, économique, politique, éthique ou technologique). Ce sera l'occasion pour eux de réactiver certains concepts scientifiques ou technologiques construits antérieurement. Afin de se donner une première représentation du phénomène ou de l'application qu'ils examinent, ils doivent rechercher les informations utiles et déterminer les éléments qui semblent les plus pertinents, ainsi que les relations que l'on peut établir entre eux.

Cette compétence implique que les élèves examinent, comprennent et expliquent des phénomènes ou des applications en faisant appel à des concepts de physique.

Sous l'angle de la physique, la compréhension d'un phénomène ou d'une application exige de reconnaître des principes qui se rapportent à cette discipline. Cette reconnaissance consiste en une description qualitative et souvent quantitative de ces principes qui mènera généralement à l'exploration et à la construction des divers concepts, lois ou modèles qui les sous-tendent. On ne saurait toutefois se limiter ici à la simple maîtrise

d'un formalisme mathématique ou à l'exécution d'une recette. Il importe en effet que les élèves associent d'abord et maîtrisent ensuite les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension des principes qui permettent d'expliquer des phénomènes ou des applications sous un angle scientifique. Les démarches empirique, d'analyse, d'observation et de modélisation constituent également des ressources dont ils peuvent

tirer profit pour comprendre des principes de physique. Comme un même principe peut intervenir dans plusieurs phénomènes ou applications, les élèves pourront aussi être appelés, si la situation le permet, à transposer l'explication proposée dans d'autres contextes.

Des retours réflexifs doivent être effectués à tout moment du processus d'explication du phénomène ou de l'application à l'étude, car ils favorisent une meilleure articulation des démarches et des stratégies mises en œuvre. De plus, il importe que ce travail métacognitif porte aussi sur l'utilisation et l'adaptation des ressources conceptuelles et des techniques aux exigences des différents contextes.

Cette compétence fait appel à des éléments de communication liés à la production, à l'interprétation et à la transmission de messages à caractère scientifique ainsi qu'à l'utilisation des langages scientifiques et technologiques.

Compétence 2 et ses composantes

Examiner un phénomène ou une application

Considérer les éléments du contexte • Identifier les données initiales
• Déterminer les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Se donner une représentation du phénomène ou de l'application

Comprendre des principes de physique liés au phénomène ou à l'application

Reconnaître des principes de physique • Décrire ces principes de manière qualitative ou quantitative
• Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles

Mettre à profit ses connaissances en physique

Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la physique

Associer au phénomène ou à l'application les principes mis en évidence • Élaborer une explication • S'interroger sur sa démarche • Transposer l'explication proposée dans d'autres contextes, s'il y a lieu

Critères d'évaluation

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois et des modèles de la physique
- Production d'explications pertinentes
- Justification adéquate des explications

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport pour la science et la technologie.

Attentes de fin de programme

À la fin de ce programme, l'élève examine des applications ou des phénomènes courants à l'intérieur de leur contexte. Il est en mesure de les comprendre ou de les expliquer en faisant appel à des principes de physique de même qu'aux démarches, aux techniques et aux stratégies appropriées.

Lorsque l'élève analyse une situation du point de vue de la physique, il circonscrit le phénomène et en dégage les composantes scientifiques, de manière à s'en donner une première représentation qui tient compte des données initiales pertinentes.

Il émet des explications provisoires qu'il développe en prenant appui sur des concepts, des lois et des modèles de la science. Dans le cas d'une application, il peut la manipuler et la démonter au besoin afin d'en saisir les principaux sous-ensembles, de comprendre les interactions de ses constituantes et de mettre ainsi en évidence, à partir de son fonctionnement, les concepts ou principes scientifiques autour desquels elle s'articule.

L'élève produit une explication scientifique liée à un phénomène ou à une application. Il la justifie entre autres à l'aide du formalisme mathématique. Lors de la présentation de ses résultats, il s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de l'incertitude qui s'y rattache. Il est en mesure d'expliquer son cheminement ainsi que son utilisation des ressources. Il est aussi en mesure de transférer son explication à d'autres phénomènes ou applications qui font intervenir les mêmes principes de physique.

COMPÉTENCE 3 Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans la construction de savoirs scientifiques et technologiques. Dans la mesure où ils sont socialement élaborés et institués, ils ne se construisent que dans le partage de représentations, l'échange d'idées et la négociation de points de vue. Cela exige l'emploi d'un langage standardisé, c'est-à-dire d'un code qui délimite le sens des signes linguistiques et graphiques en fonction de l'usage qu'en fait la communauté technoscientifique. La diffusion des savoirs obéit aussi à des règles. Les résultats de recherche doivent en effet être soumis à un processus de validation par les pairs avant d'être largement diffusés dans la communauté et le grand public. La communication peut donc revêtir diverses formes selon qu'elle s'adresse aux membres de cette communauté ou qu'elle vise à informer un public non initié.

Dans ce programme, les élèves sont invités à communiquer sur des questions de physique à l'aide du langage approprié. Ils doivent recourir aux normes et aux conventions utilisées en science et en technologie lorsqu'ils participent à des échanges sur des questions d'ordre scientifique ou technologique ou qu'ils interprètent ou produisent des informations de cette nature. Il importe également qu'ils apprennent à respecter la propriété intellectuelle des personnes dont ils reprennent les idées ou les résultats. Une importance toute particulière doit être accordée à l'interprétation, sans négliger pour autant la participation à des échanges ou la production de messages.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation des élèves à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique, qu'il s'agisse de partager le fruit d'un travail avec des pairs, de rechercher auprès d'experts des réponses à un questionnaire ou encore de contribuer à des activités telles que l'analyse ou la conception d'objets, de systèmes ou de produits, la présentation d'un projet ou la rédaction d'une fiche technique. Particulièrement utiles pour aider les élèves

à préciser leurs représentations et à valider un point de vue en le confrontant à ceux des autres, ces situations doivent aussi viser l'adoption d'une attitude d'ouverture et de réceptivité à l'égard de la diversité des connaissances, des points de vue et des approches. Une attention particulière doit être portée au fait que certains termes n'ont pas la même signification dans le langage courant et dans le langage spécifique de la science ou de la technologie. Le sens des concepts peut également différer selon le contexte disciplinaire dans lequel ils sont utilisés. La prise en compte du contexte de la situation de communication s'avère donc indispensable pour déterminer les enjeux de l'échange et adapter son comportement en conséquence.

L'interprétation, qui représente une autre composante importante de la compétence, intervient tout autant dans la lecture d'un article scientifique ou technique que dans l'écoute d'un exposé oral, dans la compréhension d'un rapport de laboratoire ou dans l'utilisation d'un cahier des charges, d'un dossier technique ou d'un plan. Toutes

ces activités exigent des élèves qu'ils saisissent le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés et qu'ils donnent la signification exacte d'un graphique, d'un schéma ou d'un dessin de détail. Ils doivent aussi établir des liens explicites entre les concepts comme tels et leur représentation graphique ou symbolique. Lorsqu'ils s'adonnent à une activité d'écoute ou qu'ils consultent des documents, il leur faut en outre vérifier la crédibilité des sources et sélectionner les informations qui leur semblent pertinentes.

En physique, la production de messages à caractère scientifique ou technologique est également un aspect important de cette compétence puisque les situations peuvent exiger des élèves qu'ils élaborent un protocole de recherche, rédigent un rapport de laboratoire, préparent un dossier technique, résument un texte, représentent les détails d'une pièce ou fassent un exposé. La prise en compte du destinataire ou des particularités du public

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation des élèves à des échanges d'information de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique ou technologique.

ciblé constitue un passage obligé pour la délimitation du contexte de ces productions. Cela demande que les élèves déterminent un niveau d'élaboration accessible au public ciblé, structurent le message en conséquence et choisissent des formes et des modes de représentation appropriés à la communication. Le souci de bien utiliser les concepts, les formalismes, les symboles, les graphiques, les schémas et les dessins contribue à donner de la clarté, de la cohérence et de la rigueur au message. Dans ce type de communication, le recours aux technologies de l'information et de la communication peut s'avérer utile ou offrir un enrichissement substantiel.

Au cours de leur participation à un échange, les élèves doivent effectuer des retours réflexifs pour favoriser une meilleure articulation des stratégies de production et d'interprétation. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques associées à la communication, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences du contexte de l'échange.

Cette compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux autres, dont elle vient renforcer le développement. La première compétence, axée sur la résolution de problèmes relevant de la physique, fait appel à des normes et à des conventions, et ce, tant pour l'élaboration d'un protocole de recherche ou d'un scénario de réalisation que pour l'explication de lois et de principes ou la présentation de résultats expérimentaux. Tableaux, symboles, graphiques, schémas, dessins de détail ou d'ensemble, maquettes, équations mathématiques et modèles sont autant de modes de présentation qui peuvent soutenir la communication, mais qui nécessitent de respecter les règles d'usage propres à la science, à la technologie et à la mathématique.

La deuxième compétence, qui vise la mise à profit des concepts scientifiques de physique, exige un langage et un type de discours appropriés. Par exemple, les lois scientifiques, qui sont une façon de modéliser les phénomènes, s'expriment généralement par des définitions ou des formalismes mathématiques. Les comprendre, c'est pouvoir les relier aux phénomènes qu'ils ont pour objectif de représenter ou aux applications qui les concrétisent.

Participer à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique

Faire preuve d'ouverture • Valider son point de vue, son explication ou sa solution en les confrontant avec ceux d'autres personnes • Intégrer à sa langue orale et écrite un vocabulaire scientifique et technologique approprié

Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique

Faire preuve de vigilance quant à la crédibilité des sources • Repérer des informations pertinentes • Saisir le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés • Établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques • Sélectionner les éléments significatifs

Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique

Tenir compte du destinataire et du contexte • Structurer son message • Utiliser les formes de langage appropriées dans le respect des normes et des conventions établies • Recourir aux formes de présentation appropriées • Démontrer de la rigueur et de la cohérence

Critères d'évaluation

- Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique
- Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique
- Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science et à la technologie

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence chez l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport établie pour la science et la technologie.

À la fin de ce programme, l'élève interprète et produit, sous une forme orale, écrite ou visuelle, des messages à caractère scientifique ou technologique sur des questions de physique.

Lorsqu'il interprète un message, il a recours au langage associé à cette discipline. Selon la situation, il utilise avec rigueur tant le langage scientifique, technologique, mathématique ou symbolique que le langage courant. Il tient compte de la crédibilité de la source d'information.

Lorsque cela est nécessaire, il définit des mots, des concepts et des expressions en s'appuyant sur des sources crédibles. Parmi toute l'information consultée, il repère et utilise les éléments qu'il juge pertinents et nécessaires pour une interprétation juste du message. L'élève produit des messages structurés et clairs et les formule avec rigueur. Il respecte les conventions tout en utilisant des modes de représentation appropriés. Il choisit et utilise les outils nécessaires, dont les technologies de l'information et de la communication, qui l'aident à bien livrer son message. En tout temps, il adapte son message à ses interlocuteurs. Il est en mesure d'explicitier, en langage courant, le sens du message qu'il produit ou qu'il a interprété.

Quand la situation l'exige, l'élève confronte ses idées avec celles de ses interlocuteurs. Il défend alors ses idées, mais s'ajuste également quand les arguments d'autrui lui permettent de mieux préciser sa pensée. En tout temps, il respecte la propriété intellectuelle dans la production de son message.

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire

Tout comme les autres programmes de science et technologie, le programme de physique vise la consolidation et l'enrichissement de la culture scientifique et technologique des élèves. À cette intention s'ajoutent celle de former des utilisateurs de la science conscients de ses implications pour les individus, la société et l'environnement, et celle de préparer un certain nombre d'élèves à des carrières scientifiques et technologiques.

Les ressources à construire dans le cadre de ce programme s'ajoutent à celles des programmes de science et technologie antérieurs pour permettre une élaboration conceptuelle plus spécialisée dans des contextes toujours plus diversifiés associés aux univers matériel, vivant et technologique ainsi qu'à celui de la Terre et de l'espace. Les pistes de contextualisation présentées en annexe constituent des lieux d'intégration privilégiés pour le développement des compétences et la construction des ressources ciblées.

Les ressources sont présentées ici en deux parties. La première est consacrée aux concepts prescrits et la seconde, aux démarches, aux stratégies et aux attitudes à acquérir ainsi qu'aux techniques prescrites. Les démarches correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en science. Les stratégies sont mises en œuvre en vue de l'articulation des démarches. Les attitudes, qu'elles soient liées au savoir ou au savoir-agir, engagent et responsabilisent les élèves. Enfin, les techniques renvoient à des procédés méthodiques fréquemment utilisés en science. Leur rôle dans le développement des compétences s'avère fondamental.

Il est à noter que, dans ce programme, le niveau attendu pour ce qui est de l'élaboration des concepts et du développement des compétences exige le recours à divers concepts de la mathématique, notamment l'algèbre, la trigonométrie, la géométrie et la géométrie analytique, y compris les vecteurs. Ces concepts sont abordés dans les programmes de mathématique des années antérieures ou dans chacune des séquences mathématiques, à l'exception des vecteurs, qui ne sont pas présents dans la séquence *Culture, société et technique*.

Concepts prescrits⁷

Les concepts prescrits sont regroupés autour de concepts généraux se rapportant à la cinématique, à la dynamique, à la transformation de l'énergie et à l'optique géométrique. Ils sont présentés dans un tableau à deux colonnes. Dans la première colonne figurent les concepts généraux ainsi que les orientations qui précisent et contextualisent les assises conceptuelles, tout en laissant une certaine latitude à l'enseignant. À l'occasion, des notes fournissent des précisions supplémentaires sur la portée des concepts et les limites à donner à leur étude. La deuxième colonne présente une liste non limitative des concepts prescrits. Il est en effet souhaitable que la richesse des situations d'apprentissage et d'évaluation permette de dépasser les exigences minimales.

Par la suite est présenté un tableau de repères culturels. Destinés à enrichir les situations d'apprentissage et d'évaluation, ces repères contribuent à donner un caractère intégratif aux activités pédagogiques en les ancrant dans la réalité sociale, historique, culturelle ou quotidienne des élèves. Ils permettent souvent d'établir des liens avec les domaines généraux de formation et avec d'autres domaines d'apprentissage.

7. L'annexe C présente un tableau synthèse de l'ensemble des concepts prescrits de l'univers matériel, de la première à la cinquième année du secondaire.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Cinématique</p> <p>Partout, autour de nous et en nous, les choses vibrent et bougent les unes par rapport aux autres. Il n'existe pas de système de référence absolu pour décrire le mouvement. Celui-ci est relatif à un système de référence choisi.</p> <p>Le mouvement des objets est en général le résultat d'une combinaison de divers types de mouvements. Le mouvement rectiligne uniforme et le mouvement rectiligne uniformément accéléré (cas d'un corps sur un plan incliné ou en chute libre) font l'objet d'une étude approfondie faisant intervenir un ensemble de concepts (position, déplacement, distance parcourue, temps, vitesse, variation de vitesse, accélération) qu'il importe de distinguer et de mettre en relation.</p> <p>Les équations et les graphiques (position, vitesse et accélération en fonction du temps) construits à partir de données constituent des modes de représentation incontournables. Ils décrivent tous deux les relations entre des variables et mettent ainsi en évidence les tendances des changements étudiés. Des liens sont établis entre les équations du mouvement et leur représentation graphique. De plus, à partir de l'interprétation d'un seul graphique, les deux autres doivent pouvoir être déduits.</p> <p>Les changements de position, les vitesses et les accélérations sont considérés comme des grandeurs vectorielles et les opérations sur celles-ci doivent être maîtrisées.</p> <p>Les mouvements complexes, comme celui des projectiles, sont décomposés en d'autres mouvements plus simples.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Système de référence – Mouvement rectiligne uniforme <ul style="list-style-type: none"> • Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps • Déplacement et distance parcourue – Mouvement rectiligne uniformément accéléré <ul style="list-style-type: none"> • Relation entre l'accélération, la variation de la vitesse et le temps • Relation entre l'accélération, la distance parcourue et le temps • Vitesse moyenne et vitesse instantanée • Mouvement d'un corps sur un plan incliné • Chute libre – Mouvement des projectiles
<p>Dynamique</p> <p>La dynamique s'intéresse aux causes de la variation du mouvement. Ce programme se limite au cas des forces qui agissent sur des corps dont les trajectoires sont rectilignes. Les lois de Newton permettent de décrire l'effet des forces qui s'exercent sur un corps (force de frottement, force gravitationnelle, force centripète). Les systèmes mécaniques, qu'ils soient en équilibre ou non, sont abordés par la construction d'un diagramme de corps libre, c'est-à-dire une représentation vectorielle des forces auxquelles ils sont soumis. Diverses méthodes peuvent être utilisées pour déterminer les caractéristiques des vecteurs résultant et équilibrant relatifs au système de forces considéré.</p> <p>Dans le cas des corps en chute libre, on portera une attention particulière à la force gravitationnelle, laquelle conduit au concept d'accélération gravitationnelle.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Lois de Newton – Diagramme de corps libre – Équilibre et résultante de plusieurs forces – Force de frottement – Force gravitationnelle – Force centripète – Accélération gravitationnelle
<p>Transformation de l'énergie</p> <p>Les concepts relatifs à la transformation de l'énergie mécanique vus antérieurement ont été traités dans un contexte environnemental. Dans ce programme, ils peuvent être réinvestis dans d'autres contextes.</p> <p>Que ce soit par l'étude d'une application comprenant un ressort, un machine simple ou encore un système complexe, la transformation de l'énergie est principalement étudiée sous l'angle des énergies cinétique et potentielle. C'est donc dans cette perspective que sont abordés les concepts de travail, de puissance, d'énergie, d'élasticité et de chaleur.</p> <p>Note : La loi de Hooke se limite à l'étude des ressorts hélicoïdaux.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Relation entre la puissance, le travail et le temps – Énergie mécanique – Loi de Hooke

Orientations	Concepts prescrits
<p>Optique géométrique</p> <p>Au début du deuxième cycle, des notions relatives à la déviation de la lumière ont été abordées. Dans ce programme, l'accent est mis sur l'optique géométrique. Celle-ci s'intéresse aux phénomènes qui concernent la trajectoire de la lumière, en particulier les déviations qu'elle subit en présence d'obstacles tels que la surface de l'eau, les miroirs ou les gouttes de rosée et les lentilles. Elle s'appuie sur le concept de rayon lumineux, une construction théorique indiquant la direction de la propagation de la lumière. Ces rayons sont considérés comme droits lorsqu'ils traversent des milieux transparents et homogènes.</p> <p>Les lois énoncées par Snell et Descartes permettent de prédire qualitativement et quantitativement les phénomènes de réflexion et de réfraction observés lorsqu'un ensemble de rayons lumineux (faisceau incident) atteint la surface de séparation de deux milieux différents. Dans certains cas, la réflexion du faisceau incident peut être totale et aucune lumière n'est alors réfractée. De plus, l'une de ces lois permet de calculer l'indice de réfraction de chaque milieu transparent traversé par la lumière.</p> <p>La réflexion et la réfraction se produisent dans divers phénomènes et sont à la base d'applications courantes. L'utilisation de lentilles minces (convergentes, divergentes) et de miroirs (plans, sphériques) permet d'observer les objets microscopiques ou lointains ou encore de corriger certains défauts de vision. Ce sera l'occasion de distinguer les images réelles des images virtuelles et d'étudier la relation qui permet de calculer et de prévoir la position et la grandeur de l'image en fonction de celles de l'objet.</p> <p>Note : Le grossissement ne sera pas considéré.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Lois de Snell-Descartes <ul style="list-style-type: none"> • Réflexion <ul style="list-style-type: none"> - Rayon incident et réfléchi - Angle d'incidence et de réflexion • Réfraction <ul style="list-style-type: none"> - Rayon incident et réfracté - Angle d'incidence et de réfraction - Indice de réfraction – Images <ul style="list-style-type: none"> • Type d'image (réelle, virtuelle) • Caractéristiques de l'image (grandissement, position)

Repères culturels possibles		
Histoire	Ressources du milieu	Événement
Archimède Sofia Brahe René Descartes Galileo Galilei Robert Hooke James Joule Isaac Newton Willebrord Snell James Watt	Agence spatiale canadienne (ASC) Association canadienne des physiciens et physiciennes (ACP) Association francophone pour le savoir (ACFAS) Conseil de développement du loisir scientifique (CDLS) Conseil national de recherches Canada (CNRC) Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ)	Défis d'ingénierie Expositions scientifiques Prix Nobel de physique

Démarches, stratégies, attitudes et techniques

Cette section porte sur les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées par le programme. Bien que distincts des concepts, ces éléments contribuent tout autant au développement des compétences. Ils s'inscrivent dans une perspective de consolidation des éléments abordés au cours des deux premières années du deuxième cycle.

Démarches

Les démarches méritent une attention particulière. Elles ne doivent pas être mises en œuvre isolément, mais dans des situations d'apprentissage et d'évaluation qui font appel à plusieurs d'entre elles. L'utilisation cohérente des démarches et leur articulation constituent une manifestation de compétence.

Cinq démarches sont présentées ici : les démarches de modélisation, d'observation et d'analyse ainsi que les démarches expérimentale et empirique.

Démarche de modélisation

La démarche de modélisation consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule mathématique, équation chimique, programme informatique ou maquette. Au fur et à mesure que la démarche progresse, le modèle se raffine et se complexifie. Il peut être valide pendant un certain temps et dans un contexte spécifique. Mais, dans plusieurs cas, il est appelé à être modifié ou rejeté. Il importe également de considérer le contexte dans lequel il a été construit. Il doit faciliter la compréhension de la réalité, expliquer certaines propriétés de ce qu'il vise à représenter et permettre la prédiction de nouveaux phénomènes observables.

Démarche d'observation

La démarche d'observation est un processus actif qui permet d'interpréter des faits selon des critères déterminés par l'observateur ainsi que par ce qui fait consensus dans un cadre disciplinaire donné. À la lumière des informations recueillies, les élèves doivent en arriver à une nouvelle compréhension des faits qui reste toutefois tributaire du contexte dans lequel s'effectue l'observation. Par sa manière d'interpréter et d'organiser les informations, l'observateur fait une relecture du monde physique en tenant compte de ses présupposés et des schémas conceptuels qui font partie intégrante de la grille qu'il applique aux faits observés. Ainsi, toute observation repose déjà sur l'établissement d'un modèle théorique provenant de celui qui observe.

Démarche d'analyse

L'analyse d'un phénomène, d'un objet ou d'un système vise à reconnaître les éléments qui les déterminent ou les composent ainsi que les interactions entre ces éléments. Elle permet d'en identifier les composantes structurales et fonctionnelles, qui peuvent être analysées à leur tour, et de déterminer leurs liens hiérarchiques ou leurs liens d'interdépendance. Dans certains cas, cette démarche amène à tirer profit d'une connaissance plus globale du système pour déterminer la fonction des parties et les relations qu'elles entretiennent. Elle permet alors de mettre à jour la dynamique d'un système complexe et d'examiner son comportement dans la durée. Cet aspect de la démarche d'analyse se révélera particulièrement fécond dans l'étude de phénomènes ou d'applications.

Démarche expérimentale

La démarche expérimentale implique d'abord la formulation de premières explications. Elle permet d'amorcer une tentative de réponse et de définir le cadre dans lequel se fera l'expérimentation. L'expérimentateur doit ensuite s'engager dans l'élaboration d'un protocole dans lequel il reconnaîtra un certain nombre de variables en vue de les manipuler. Le but de ce protocole expérimental sera de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses émises. Les interactions entre les diverses phases de la démarche expérimentale permettent de soulever de nouveaux questionnements, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de prendre en compte les limites de l'expérimentation.

Démarche empirique

La démarche empirique est une recherche de terrain sans manipulation de variables. L'absence de manipulation n'enlève rien à sa validité méthodologique. Un sondage, par exemple, est une démarche empirique qui n'a rien d'aléatoire. Les modèles intuitifs sont bien souvent à l'origine de cette démarche. Elle peut se révéler adéquate dans certaines situations puisqu'elle permet d'explorer et de se représenter les éléments d'un problème. Souvent, elle génère plusieurs idées et permet d'émettre des hypothèses et de concevoir des théories provisoires. Elle permet également de mettre au point des techniques et d'explorer des avenues possibles pour d'autres recherches.

Stratégies

Certaines stratégies, mobilisées et utilisées dans un contexte scientifique, soutiennent le développement des trois compétences de la discipline.

Stratégies d'exploration	Stratégies d'analyse
<ul style="list-style-type: none">– Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques et contextuelles éventuellement utiles pour cerner un problème ou prévoir des tendances– Évoquer des problèmes similaires déjà résolus– Généraliser à partir de plusieurs cas particuliers structurellement semblables– Anticiper les résultats d'une démarche– Élaborer divers scénarios possibles– Explorer diverses pistes de solution– Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques	<ul style="list-style-type: none">– Déterminer les contraintes et les éléments importants de la résolution d'un problème– Diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples– Faire appel à divers modes de raisonnement (ex. inférer, induire, déduire, comparer, classifier, sérier) pour traiter des informations– Reasonner par analogie pour traiter des informations et adapter ses connaissances scientifiques– Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se situer au regard d'une problématique scientifique

Attitudes

L'adoption de diverses attitudes facilite l'engagement des élèves dans les démarches utilisées et leur responsabilisation par rapport à eux-mêmes et à la société. Les attitudes constituent ainsi un facteur important dans le développement des compétences.

Attitudes intellectuelles	Attitudes comportementales
<ul style="list-style-type: none">– Curiosité– Sens de l'initiative– Goût du risque intellectuel– Intérêt pour la confrontation des idées– Considération de solutions originales– Rigueur intellectuelle– Objectivité– Sens du travail méthodique– Souci de précision dans la mesure et le calcul– Souci d'une langue juste et précise	<ul style="list-style-type: none">– Discipline personnelle– Autonomie– Souci d'efficacité– Souci d'efficience– Persévérance– Sens du travail soigné– Sens des responsabilités– Sens de l'effort– Coopération efficace– Souci de la santé et de la sécurité– Respect de la vie et de l'environnement– Écoute– Respect de soi et des autres– Esprit d'équipe– Solidarité internationale à l'égard des grands problèmes de l'heure

Techniques

Souvent incontournables, les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en pratique de connaissances théoriques. Les techniques énumérées ci-dessous sont prescrites, au même titre que les concepts.

Techniques liées aux manipulations

- Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire ou d'atelier
- Utilisation d'instruments d'observation

Techniques liées aux mesures

- Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure (étalonnage, ajustage)
- Utilisation d'instruments de mesure
- Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, incertitudes liées aux mesures, erreurs)

Note : Lors d'opérations mathématiques sur les mesures, le calcul d'incertitude n'est pas exigé.

ANNEXE A – CONTEXTUALISATION DES APPRENTISSAGES

Cette annexe présente, pour chacun des concepts généraux du programme de physique, un rappel des concepts prescrits qui s’y rapportent, diverses pistes de contextualisation ainsi que les concepts abordés dans les programmes de science et technologie antérieurs. Ceux-ci peuvent contribuer à l’appropriation des concepts qui sont prescrits dans ce programme. Les pistes de contextualisation proposées évoquent des phénomènes et des applications susceptibles de réactiver des acquis. Véritables points de convergence, ces pistes visent à favoriser le développement des trois compétences disciplinaires et l’élaboration des concepts ciblés. Proposées à titre indicatif afin de soutenir l’intervention pédagogique, elles offrent la possibilité d’intégrer des connaissances scientifiques, technologiques et mathématiques. D’autres contextes peuvent également être porteurs de sens et il revient aux enseignants de privilégier ceux qui sont les plus susceptibles de servir les intérêts des élèves.

Contextualisation des concepts généraux de physique et liens avec les concepts abordés antérieurement

Cinématique				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Système de référence – Mouvement rectiligne uniforme <ul style="list-style-type: none"> • Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps • Déplacement et distance parcourue – Mouvement rectiligne uniformément accéléré <ul style="list-style-type: none"> • Relation entre l'accélération, la variation de la vitesse et le temps • Relation entre l'accélération, la distance parcourue et le temps • Vitesse moyenne et vitesse instantanée • Mouvement d'un corps sur un plan incliné – Chute libre – Mouvement des projectiles 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Sécurité routière – Vitesse de propagation des ondes – Vitesse des fluides – Mouvement dans les systèmes sanguin et lymphatique – Mouvement des organismes vivants – Projectiles (ballon, balistique, expérience de Millikan, fusée, etc.) – Appareil d'entraînement sportif – Distances à l'échelle microscopique et astronomique – Instruments de mesure (chronomètre, cinémomètre radar, GPS, théodolite, etc.) – Moyens de locomotion (automobile, train, luge, bicyclette, etc.) – Ascenseur, téléphérique – Tapis roulant, convoyeur – Chaîne cinématique de machines 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – Force – Types de forces – Équilibre de deux forces 	<ul style="list-style-type: none"> – Adaptations physiques et comportementales – Types d'articulations – Système circulatoire – Système lymphatique 	<ul style="list-style-type: none"> – Situation de la Terre dans l'univers – Lumière (propriétés) – Système solaire 	<ul style="list-style-type: none"> – Fonction de guidage – Types de mouvement – Systèmes de transmission du mouvement – Systèmes de transformation du mouvement – Changements de vitesse – Machines et outillage

Contextualisation des concepts généraux de physique et liens avec les concepts abordés antérieurement (Suite)

Dynamique				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Lois de Newton – Diagramme de corps libre – Équilibre et résultante de plusieurs forces – Force de frottement – Force gravitationnelle – Force centripète – Accélération gravitationnelle 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Parachutisme – Contraction des muscles – Balance et pèse-personne – Aérodynamisme – Optimisation des performances sportives – Biomécanique – Tectonique des plaques – Apesanteur – Satellite géostationnaire – Structures (tour, pont, etc.) – Poulie et système de poulies – Système de freinage – Objet du quotidien – Cric mécanique, pince de désincarcération, casse-noix 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – Types de forces – Équilibre de deux forces – Distinction entre la masse et le poids 	<ul style="list-style-type: none"> – Adaptations physiques et comportementales – Fonctions des os, des articulations et des muscles 	<ul style="list-style-type: none"> – Structure interne de la Terre – Gravitation universelle – Manifestations naturelles de l'énergie – Système Terre-Lune 	<ul style="list-style-type: none"> – Liaisons des pièces mécaniques – Fonction de guidage – Degrés de liberté d'une pièce – Adhérence et frottement entre les pièces – Matériaux et contraintes – Machines simples – Effets d'une force

Contextualisation des concepts généraux de physique et liens avec les concepts abordés antérieurement (*Suite*)

Transformation de l'énergie				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Relation entre la puissance, le travail et le temps – Énergie mécanique – Loi de Hooke 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Éolienne – Montagne russe et manège – Saut à l'élastique (<i>bungee</i>) – Appareil d'entraînement sportif – Haltérophilie – Trampoline – Biocarburant – Centrales hydro-électrique et marémotrice – Roue à aube – Marteau-pilon – Amortisseur – Pendule – Catapulte ou trébuchet 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l'énergie – Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement – Masse et poids – Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse 	<ul style="list-style-type: none"> – Intrants et extrants – Valeur énergétique des aliments – Dynamique des écosystèmes – Empreinte écologique 	<ul style="list-style-type: none"> – Manifestations naturelles de l'énergie – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel) 	<ul style="list-style-type: none"> – Machines simples – Systèmes de transmission du mouvement – Systèmes de transformation du mouvement

Contextualisation des concepts généraux de physique et liens avec les concepts abordés antérieurement (*Suite*)

Optique géométrique				
Concepts prescrits	<ul style="list-style-type: none"> – Lois de Snell-Descartes <ul style="list-style-type: none"> • Réflexion <ul style="list-style-type: none"> - Rayon incident et réfléchi - Angle d'incidence et de réflexion • Réfraction <ul style="list-style-type: none"> - Rayon incident et réfracté - Angle d'incidence et de réfraction - Indice de réfraction – Images <ul style="list-style-type: none"> • Type d'image (réelle, virtuelle) • Caractéristiques de l'image (agrandissement, position) 			
Pistes de contextualisation	<ul style="list-style-type: none"> – Optométrie – Photographie – Illusion d'optique – Prestidigitation – Rétroviseur – Vision dans l'air et dans l'eau – Phénomènes lumineux (halos, mirages, arcs-en-ciel, etc.) – Instruments d'observation (microscope, télescope, lunette astronomique, etc.) – Albédo – Fibre optique – Capteur optique 			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
Concepts abordés antérieurement	<ul style="list-style-type: none"> – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille 	<ul style="list-style-type: none"> – Constituants cellulaires visibles au microscope – Récepteurs sensoriels (œil) 	<ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Couches de l'atmosphère – Saisons – Phases de la Lune – Système solaire 	<ul style="list-style-type: none"> – Standards et représentations (schémas et symboles)

ANNEXE B – EXEMPLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE ET D'ÉVALUATION

Le train

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement de la compétence disciplinaire 1 – *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique* – par la résolution d'un problème de nature expérimentale.

2. Durée approximative

Le déroulement des activités nécessite cinq périodes de 75 minutes.

3. Domaine général de formation touché et axe de développement

Médias

– Appropriation des modalités de production de documents médiatiques

La simulation de la chute d'un train demande une adaptation de la vitesse de défilement des images qui exige l'utilisation stratégique de diverses technologies de l'information.

4. Description de l'activité

Amorce

Pour les besoins d'un film, un train doit s'engager sur un pont, dérailler et tomber dans une rivière. Le budget prévu ne permet cependant pas d'organiser cet « accident » et le réalisateur décide de simuler la chute à l'aide d'un train miniature qui circulera sur un pont créé dans un décor de studio. D'après les plans des concepteurs, le train ne tombera en réalité que d'une hauteur de 1 m. Pour le cinéaste, le défi consiste donc à imaginer comment filmer cette chute pour qu'à la projection, l'effet produit donne l'impression qu'il s'agit d'un vrai train qui déraile et tombe d'une hauteur de 125 m.

En vous appuyant sur vos connaissances et vos expériences en cinématique, vous devrez reproduire le mouvement de la chute du train avec une bille. Le montage expérimental qu'il vous appartient de réaliser et les données recueillies doivent permettre d'étudier le mouvement de la bille pendant sa chute. Une vitesse de tournage pour la scène doit être proposée.

Activité proposée

L'analyse du mouvement d'un projectile doit conduire à la mise en évidence de l'indépendance des deux composantes de ce mouvement, soit le mouvement rectiligne uniforme et le mouvement rectiligne uniformément accéléré.

Les élèves réalisent un montage expérimental qui permet de lancer une bille à une vitesse initiale horizontale, d'observer, d'étudier et de formaliser son mouvement. Il est suggéré d'utiliser un stroboscope électronique, un appareil photo et un tableau quadrillé comme toile de fond.

5. Production attendue

Les élèves doivent produire un document faisant état de la résolution du problème, y compris :

- l'explication de la compréhension initiale du problème et l'identification des éléments qui ont fait avancer la représentation;
- la planification;
- la photo avec les mesures prises et les calculs effectués pour déterminer la distance réelle parcourue selon les deux dimensions;
- les graphiques de la distance et de la vitesse en fonction du temps;
- les calculs et stratégies nécessaires à la simulation (vitesse de tournage par rapport à la vitesse de projection).

6. Compétence disciplinaire ciblée

Compétence 1 – Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique

- Cerner un problème
 - Représentation initiale du problème (identification de la trajectoire du train, de la force qui s'exerce [faire abstraction de la force de frottement] et du type de mouvement induit)
 - Identification des données initiales (hauteur réelle et simulée de la chute)
 - Reformulation du problème en faisant appel à des concepts scientifiques (détermination de la vitesse de tournage d'un corps en chute libre)
- Élaborer un plan d'action
 - Sélection d'une piste de résolution du problème
 - Identification des ressources nécessaires (caméra, stroboscope, concepts de cinématique, etc.)
 - Détermination des étapes du plan d'action
- Concrétiser le plan d'action
 - Exécution des manipulations et des opérations requises (prise de la photo)
 - Collecte des données et autres observations pouvant être utiles (mesures à partir de la photo)
- Analyser les résultats
 - Établissement des liens entre les résultats et les concepts scientifiques (analyse de la photo, calcul de la vitesse et de l'accélération)
 - Jugement quant à la pertinence de la solution ou de la réponse proposée (analyse des résultats expérimentaux, détermination de la vitesse de tournage)

7. Compétences transversales ciblées

Résoudre des problèmes; Exploiter l'information; Se donner des méthodes de travail efficaces; Communiquer de façon appropriée

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Concepts prescrits de l'année en cours

- Mouvement rectiligne uniforme
 - Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps
 - Déplacement et distance parcourue
- Mouvement rectiligne uniformément accéléré
 - Relation entre l'accélération, la distance parcourue et le temps
- Mouvement d'un projectile

Concept abordé antérieurement

- Masse et poids

Démarches

- Démarche de modélisation, démarche d'analyse et démarche expérimentale

9. Critères d'évaluation

- Représentation adéquate du problème
- Élaboration d'un plan d'action pertinent
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

Le manège physique

1. Intention pédagogique

Cette activité vise à développer la compétence disciplinaire 2 – *Mettre à profit ses connaissances en physique* – à partir de l'étude d'une application et des principes scientifiques qui lui sont sous-jacents. Une partie de la compétence 3 – *Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie* – est également développée.

2. Durée approximative

Le déroulement de l'activité nécessite trois périodes de 75 minutes (excluant la recherche documentaire pouvant être nécessaire).

3. Domaine général de formation touché et axe de développement

Orientation et entrepreneuriat

– Connaissance de monde du travail, des rôles sociaux, des métiers et des professions

À partir d'une application, comme les montagnes russes, la mise en évidence de principes scientifiques servant à réaliser des fonctions techniques donne l'occasion de relever des défis stimulants et de s'intéresser à des professions et à des métiers en rapport avec les disciplines scolaires ou avec son milieu immédiat.

4. Description de l'activité

Amorce

Véritables attractions, les montagnes russes comptent de plus en plus d'adeptes en quête de sensations fortes. Trajets sinueux, virages, dénivelés prononcés, si la structure des montagnes russes impressionne, leur fonctionnement constitue une énigme pour plusieurs. Gravité, mouvement, vitesse, qu'en est-il exactement?

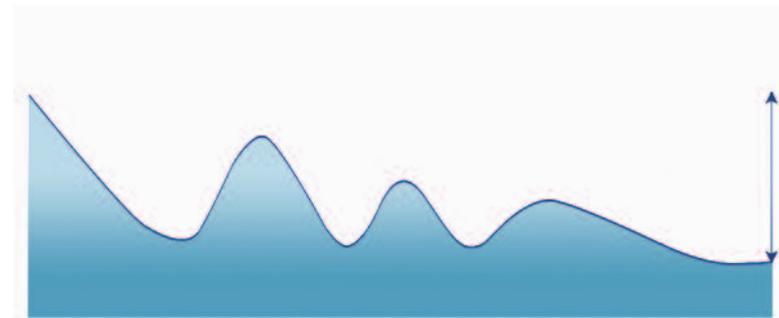
Il vous appartient d'apporter des explications à ce sujet et de dégager certaines particularités en vous appuyant sur des lois, des concepts et des principes liés à la physique mécanique. Pour ce faire, vous examinerez les caractéristiques (dessins ou données) de trois circuits différents de montagnes russes.

En analysant les tracés linéaires et les données relatives aux montagnes russes sélectionnées, vous devez identifier des relations entre la vitesse maximale atteinte par les trains, la hauteur du dénivelé, la longueur totale des rails et les forces de frottement. Vous pouvez également analyser quelques aspects spécifiques de certains manèges, par exemple la vitesse minimale nécessaire à un train pour franchir une boucle qui tourne à l'envers.

Activité proposée

Les élèves analysent différents types de montagnes russes à l'aide de schémas de principes ou de données descriptives⁸.

Exemple : *Apollo's Chariot* (Virginie, États-Unis)



Longueur totale (rails) :	1488 m
Dénivelé :	51,8 m
Vitesse maximale :	117,5 km/h
Durée totale :	135 s

Il s'agit donc de se servir de ses connaissances en physique mécanique pour comprendre le fonctionnement global des montagnes russes.

8. Ces données peuvent facilement être trouvées sur divers sites Internet portant sur les montagnes russes qu'on trouve à travers le monde.

5. Production attendue

Les élèves doivent produire un journal de bord qui présente :

- les caractéristiques de trois montagnes russes;
- une explication quantitative des lois physiques qui régissent le déplacement des trains sur les rails;
- une explication des différences entre les résultats théoriques et les données réelles.

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 2 – *Mettre à profit ses connaissances en physique*

- Examiner un phénomène ou une application
 - Analyse de données pertinentes décrivant les trajets des montagnes russes choisies
- Comprendre des principes de physique liés au phénomène ou à l'application
 - Prise en compte et étude de concepts ou de principes liés à la transformation de l'énergie, à la cinématique et à la dynamique
- Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la physique
 - Recours à des concepts inhérents, entre autres, à l'énergie mécanique pour mener un raisonnement et procéder à des calculs
 - Mise en relation des résultats théoriques et des données réelles pour mettre en évidence le rôle joué par le frottement

Compétence 3 – *Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*

- Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique
 - Lecture et compréhension de l'information (schémas, spécifications, etc.) présentée dans divers documents

– Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique

- Production d'un journal de bord présentant des explications, des opérations, etc.

7. Compétences transversales ciblées

Exploiter l'information; Communiquer de façon appropriée

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Concepts prescrits de l'année en cours

- Vitesse moyenne et vitesse instantanée
- Force de frottement
- Force centripète
- Diagramme de corps libre
- Équilibre et résultante de plusieurs forces
- Transformation de l'énergie
 - Énergie mécanique

Concepts abordés antérieurement

- Loi de la conservation de l'énergie
- Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
- Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
- Relation entre le travail et l'énergie
- Relation entre le travail, la force et le déplacement
- Masse et poids

Démarches

- Démarche d'observation et démarche d'analyse

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

9. Critères d'évaluation

Compétence 2

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois et des modèles de la physique
- Production d'explications pertinentes
- Justification adéquate des explications

Compétence 3

- Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique
- Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique
- Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science et à la technologie

ANNEXE C – RÉPARTITION DES CONCEPTS PRESCRITS DE L'UNIVERS MATÉRIEL DU PREMIER ET DU DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE⁹

Parcours de formation générale

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Physique
Propriétés – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité/basicité	Propriétés de la matière – Propriétés caractéristiques physiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique • Solubilité – Propriétés caractéristiques chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions <ul style="list-style-type: none"> • Concentration (% , g/L) • Soluté • Solvant 	Propriétés physiques des solutions – Concentration (ppm) – Électrolytes – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique	Propriétés physiques des solutions – Concentration (ppm, mole/L) – Force des électrolytes	Cinématique – Système de référence – Mouvement rectiligne uniforme <ul style="list-style-type: none"> • Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps • Déplacement et distance parcourue – Mouvement rectiligne uniformément accéléré <ul style="list-style-type: none"> • Relation entre l'accélération, la variation de la vitesse et le temps • Relation entre l'accélération, la distance parcourue et le temps • Vitesse moyenne et vitesse instantanée • Mouvement d'un corps sur un plan incliné • Chute libre – Mouvement des projectiles

9. Pour obtenir la répartition complète des concepts prescrits des quatre univers du premier et du deuxième cycle du secondaire en ce qui concerne le parcours de formation générale, se référer à l'annexe D du programme *Science et technologie de l'environnement*. Pour le parcours de formation générale appliquée, cette même répartition se trouve à l'annexe D du programme *Science et environnement*.

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
	1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Physique
Transformations <ul style="list-style-type: none"> – Changement physique – Changement chimique – Conservation de la matière – Mélanges – Solutions – Séparation des mélanges 	Transformations de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> • Dissolution • Dilution • Changement de phase – Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Décomposition et synthèse • Oxydation • Précipitation – Formes d'énergie (chimique, thermique, mécanique, rayonnante) – Modèle particulaire 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – Balancement d'équations chimiques – Loi de conservation de la masse 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Formation des sels – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique 	Dynamique <ul style="list-style-type: none"> – Lois de Newton – Diagramme de corps libre – Équilibre et résultante de plusieurs forces – Force de frottement – Force gravitationnelle – Force centripète – Accélération gravitationnelle
			Transformations nucléaires <ul style="list-style-type: none"> – Stabilité nucléaire – Radioactivité – Fission et fusion 	
Organisation <ul style="list-style-type: none"> – Atome – Élément – Tableau périodique – Molécule 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – Familles et périodes du tableau périodique 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Neutron – Modèle atomique simplifié – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole – Nombre d'Avogadro 	
			Classification périodique <ul style="list-style-type: none"> – Masse atomique relative – Numéro atomique – Périodicité des propriétés – Isotopes 	

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Physique
	Fluides <ul style="list-style-type: none"> – Fluide compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume 	Électricité et électromagnétisme <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Charge électrique – Électricité statique – Loi d'Ohm – Circuits électriques – Relation entre la puissance et l'énergie électrique <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> – Forces d'attraction et de répulsion – Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique 	Électricité et électromagnétisme <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lois de Kirchhoff – Champ électrique – Loi de Coulomb <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> – Champ magnétique d'un solénoïde 	
		Transformations de l'énergie <ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre la chaleur et la température 	Transformations de l'énergie <ul style="list-style-type: none"> – Capacité thermique massique – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l'énergie – Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement – Masse et poids – Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse 	Transformation de l'énergie <ul style="list-style-type: none"> – Relation entre la puissance, le travail et le temps – Énergie mécanique – Loi de Hooke

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Physique
	<p>Ondes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille 			<p>Optique géométrique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lois de Snell-Descartes <ul style="list-style-type: none"> • Réflexion <ul style="list-style-type: none"> - Rayon incident et réfléchi - Angle d'incidence et de réflexion • Réfraction <ul style="list-style-type: none"> - Rayon incident et réfracté - Angle d'incidence et de réfraction - Indice de réfraction – Images <ul style="list-style-type: none"> • Type d'image (réelle, virtuelle) • Caractéristiques de l'image (grandissement, position)

Parcours de formation générale appliquée

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Physique
Propriétés – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité/basicité	Propriétés de la matière – Propriétés caractéristiques physiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique – Propriétés caractéristiques chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions		Propriétés physiques des solutions – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Ions – Conductibilité électrique	Cinématique – Système de référence – Mouvement rectiligne uniforme <ul style="list-style-type: none"> • Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps • Déplacement et distance parcourue – Mouvement rectiligne uniformément accéléré <ul style="list-style-type: none"> • Relation entre l'accélération, la variation de la vitesse et le temps • Relation entre l'accélération, la distance parcourue et le temps • Vitesse moyenne et vitesse instantanée • Mouvement d'un corps sur un plan incliné • Chute libre – Mouvement des projectiles

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Physique
Transformations <ul style="list-style-type: none"> – Changement physique – Changement chimique – Conservation de la matière – Mélanges – Solutions – Séparation des mélanges 	Transformations de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques – Transformations chimiques – Formes d'énergie – Modèle particulaire 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Oxydation 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Précipitation – Décomposition et synthèse – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – Sels – Balancement d'équations chimiques – Loi de conservation de la masse – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> – Dissolution – Dilution 	Dynamique <ul style="list-style-type: none"> – Lois de Newton – Diagramme de corps libre – Équilibre et résultante de plusieurs forces – Force de frottement – Force gravitationnelle – Force centripète – Accélération gravitationnelle
Organisation <ul style="list-style-type: none"> – Atome – Élément – Tableau périodique – Molécule 	Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes 		Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Notation de Lewis – Particules élémentaires (proton, électron, neutron) – Modèle atomique simplifié – Masse atomique relative et isotopes – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole 	

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Physique
	Fluides <ul style="list-style-type: none"> – Fluide compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume 	Électricité et électromagnétisme <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Charge électrique – Électricité statique – Loi d’Ohm – Circuits électriques – Relation entre la puissance et l’énergie électrique <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> – Forces d’attraction et de répulsion – Champ magnétique d’un fil parcouru par un courant électrique – Champ magnétique d’un solénoïde – Induction électromagnétique 		
		Transformations de l’énergie <ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l’énergie – Rendement énergétique – Distinction entre la chaleur et la température 	Transformations de l’énergie <ul style="list-style-type: none"> – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l’énergie – Relation entre l’énergie potentielle, la masse, l’accélération et le déplacement – Relation entre l’énergie cinétique, la masse et la vitesse 	Transformation de l’énergie <ul style="list-style-type: none"> – Relation entre la puissance, le travail et le temps – Énergie mécanique – Loi de Hooke

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire	5 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Physique
	Ondes <ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d’onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d’une lentille 	Fluides <ul style="list-style-type: none"> – Principe d’Archimède – Principe de Pascal – Principe de Bernouilli Forces et mouvements <ul style="list-style-type: none"> – Force – Types de forces – Équilibre de deux forces – Relation entre la vitesse constante, la distance et le temps – Distinction entre la masse et le poids 	<ul style="list-style-type: none"> – Relation entre l’énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la température 	Optique géométrique <ul style="list-style-type: none"> – Lois de Snell-Descartes <ul style="list-style-type: none"> • Réflexion <ul style="list-style-type: none"> - Rayon incident et réfléchi - Angle d’incidence et de réflexion • Réfraction <ul style="list-style-type: none"> - Rayon incident et réfracté - Angle d’incidence et de réfraction - Indice de réfraction – Images <ul style="list-style-type: none"> • Type d’image (réelle, virtuelle) • Caractéristiques de l’image (grandissement, position)

Bibliographie

Culture scientifique et technologique

BINDI, Christophe. *Dictionnaire pratique de la métrologie : Mesure, essai et calculs d'incertitudes*, France, La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 2006, 380 p.

CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. *La culture scientifique et technique au Québec : Un bilan, rapport de conjoncture*, Québec, gouvernement du Québec, 2002, 215 p.

HASNI, Abdelkrim. *La culture scientifique et technologique à l'école : De quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer?*, communication présentée au 70^e Congrès de l'ACFAS, Québec, Université Laval, 2002, 25 p.

ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU MÈTRE. *Le Système international d'unités*, France, BIPM, 8^e éd., 2006, 180 p.

THOUIN, Marcel. *Notions de culture scientifique et technologique : Concepts de base, percées historiques et conceptions fréquentes*, Québec, MultiMondes, 2001, 480 p.

CANADA, CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION. *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature*, Toronto, gouvernement du Canada, 1997, 261 p.

DE SERRES, Margot et autres. *Intervenir sur les langages en mathématiques et en science*, Montréal, Modulo, 2003, 390 p.

FOUREZ, Gérard. *Alphabétisation scientifique et technique : Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, Bruxelles, De Boeck Université, 1994, 219 p.

GIORDAN, André. *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Paris, Belin, 1999, 239 p.

POTVIN, Patrice, Martin Riopel et Steve Masson. *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*, Québec, MultiMondes, 2007, 464 p.

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programmes d'études. Secondaire. Physique 534*, Québec, gouvernement du Québec, 1992, 301 p.

Didactique de la science

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for All Americans, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 272 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 420 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Atlas of Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 165 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Designs for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 300 p.

Science et environnement



Note au lecteur

Ce document présente le programme optionnel de science et environnement. Ce programme, offert à la deuxième année du parcours de formation générale appliquée, est un complément au programme d'applications technologiques et scientifiques. Il donne accès aux programmes optionnels offerts en science et technologie à la dernière année du secondaire. Il se caractérise par la nature de son contenu, constitué uniquement de concepts d'ordre scientifique.

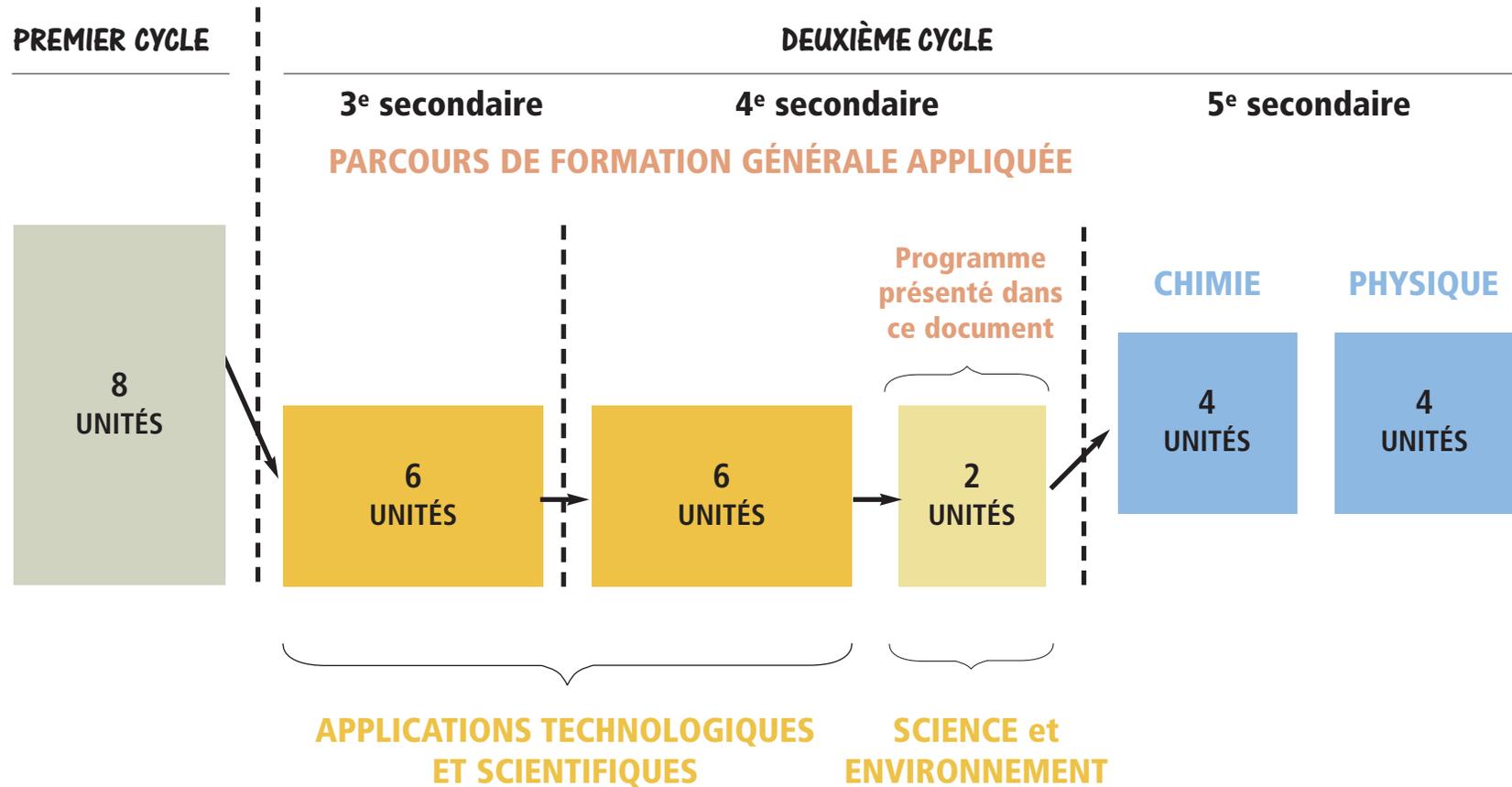


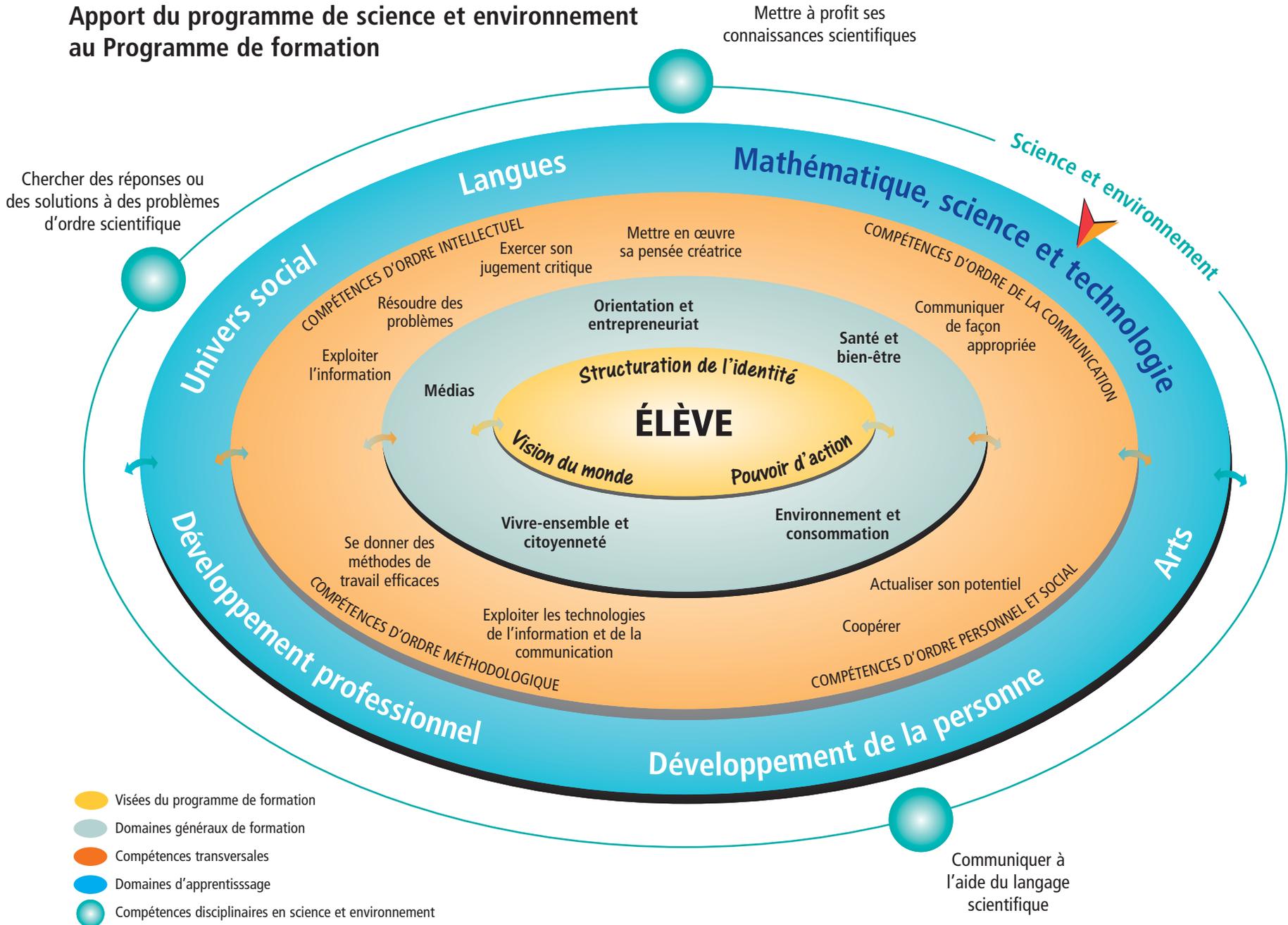
Table des matières

Science et environnement

Présentation de la discipline	1
La vision de la science	1
La notion d'environnement	1
La culture scientifique	2
Le programme	2
Relations entre le programme de science et environnement et les autres éléments du Programme de formation	4
Relations avec les domaines généraux de formation	4
Relations avec les compétences transversales	5
Relations avec les autres disciplines	6
Contexte pédagogique	8
Rôle de l'enseignant	8
Rôle de l'élève	12
Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique	13
Sens de la compétence	13
Compétence 1 et ses composantes	15
Critères d'évaluation	15
Attentes de fin de programme	15
Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques ..	16
Sens de la compétence	16
Compétence 2 et ses composantes	18
Critères d'évaluation	18
Attentes de fin de programme	18
Compétence 3 Communiquer à l'aide du langage scientifique ..	19
Sens de la compétence	19
Compétence 3 et ses composantes	21
Critères d'évaluation	21
Attentes de fin de programme	21

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire. ..	22
Concepts prescrits	22
Démarches, stratégies, attitudes et techniques	30
• Démarches	30
• Stratégies	32
• Attitudes	33
• Techniques	34
Annexes	
Annexe A – Problématiques environnementales et réseaux conceptuels	36
Annexe B – Exemples d'applications liées aux problématiques environnementales	40
Annexe C – Exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation	42
Annexe D – Répartition des concepts prescrits du premier et du deuxième cycle du secondaire	45
Bibliographie	47

Apport du programme de science et environnement au Programme de formation



- Visées du programme de formation
- Domaines généraux de formation
- Compétences transversales
- Domaines d'apprentissage
- Compétences disciplinaires en science et environnement

Présentation de la discipline

L'influence de la science est manifeste dans une multitude de réalisations omniprésentes dans notre environnement, et les méthodologies qui la caractérisent, aussi bien que les connaissances qu'elle a permis de générer, s'appliquent à de nombreuses sphères de l'activité humaine.

Les activités scientifiques s'inscrivent dans un contexte social et culturel et elles sont le fruit du travail d'une communauté qui construit de manière collective de nouveaux savoirs. En science, comme en technologie ou dans tout autre domaine d'activité, l'évolution des connaissances ne se fait pas de façon linéaire et additive. Fortement marquées par les contextes sociétal et environnemental dans lesquels elles s'inscrivent, les connaissances scientifiques avancent tantôt à petits pas, par approximations successives, tantôt par bonds. Elles connaissent parfois des périodes de stagnation auxquelles peuvent succéder des progressions spectaculaires.

L'émergence rapide des savoirs scientifiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications exigent des individus qu'ils disposent non seulement d'un bagage de connaissances spécifiques de ce domaine, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'adapter aux contraintes du changement. Une telle adaptation nécessite de prendre du recul par rapport aux acquis, de comprendre la portée et les limites du savoir et d'en saisir les retombées. Cela suppose en outre la capacité à prendre une position critique à l'égard des questions d'ordre éthique soulevées par ces retombées.

La vision de la science

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers. Constituée d'un ensemble de théories, de connaissances, d'observations et de démarches,

1. Lucie SAUVÉ, *Pour une éducation relative à l'environnement : éléments de design pédagogique*, guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs, Montréal, Guérin, 1997, p. 45.

2. *Ibid.*, p. 46.

elle se caractérise notamment par la recherche de modèles intelligibles, les plus simples possible, pour rendre compte de la complexité du monde. Ces modèles peuvent par la suite être combinés à des modèles existants qui deviennent de plus en plus englobants. Les théories et les modèles sont ainsi constamment mis à l'épreuve, modifiés et réorganisés au fur et à mesure que de nouvelles connaissances se construisent.

La notion d'environnement

Dans le présent programme, la notion d'environnement fait référence à « l'ensemble dynamique des composantes d'un milieu qui interagissent avec les êtres vivants de ce dernier¹ ». On peut donc dire qu'il n'existe pas un mais plusieurs environnements, selon les composantes du milieu, ses limites spatiales et temporelles, la spécificité des organismes vivants qui s'y trouvent, les types d'interrelations en présence, etc. L'environnement est « en étroite interrelation avec toutes les autres dimensions de l'environnement humain global : environnement politique, économique, culturel, technologique, etc.² ». Ce programme vise donc ce qui concerne particulièrement l'être humain, qui occupe une place centrale dans les problématiques à l'étude.

Produit et forme de l'activité humaine, la science est en constante relation avec les différents environnements, qu'elle contribue parfois à modifier et dont elle peut aussi constituer un objet d'étude. La science s'intéresse notamment à diverses composantes de l'environnement. C'est le cas des sciences de l'environnement, qui regroupent plusieurs champs disciplinaires et considèrent à la fois les aspects biophysiques, interactionnels ou humains de l'environnement.

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers.

La notion d'environnement fait référence à l'ensemble dynamique des composantes d'un milieu qui interagissent avec les êtres vivants de ce dernier.

Par ailleurs, l'activité scientifique et les applications qui en découlent peuvent avoir sur l'environnement d'importantes répercussions, tant positives que négatives, dont il faut apprendre à tenir compte.

La culture scientifique

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de l'héritage culturel et constitue un facteur déterminant de développement des sociétés. Aussi importe-t-il d'amener les élèves à élargir leur culture scientifique, de leur faire prendre conscience du rôle qu'une telle culture peut jouer dans leur capacité à prendre des décisions éclairées et de leur faire découvrir le plaisir que l'on peut retirer au contact de l'activité scientifique.

Une telle activité sollicite en effet la curiosité, l'imagination, le désir d'explorer, le plaisir d'expérimenter et de découvrir tout autant que les connaissances et le besoin de comprendre, d'expliquer et de créer. À ce titre, la science n'est pas l'apanage de quelques initiés. La curiosité à l'égard des phénomènes qui nous entourent ainsi que la fascination pour les inventions et l'innovation nous interpellent tous à des degrés divers.

L'histoire de la science est partie prenante de cette culture et doit être mise à contribution. Elle permet de mettre en perspective les découvertes scientifiques et d'enrichir la compréhension que l'on en a.

Diverses ressources peuvent être mises à profit. Les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ainsi que plusieurs autres ressources communautaires constituent autant de sources où puiser pour accroître et enrichir sa culture scientifique.

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de l'héritage culturel et constitue un facteur déterminant de développement des sociétés.

Le programme

Alors que le programme d'applications technologiques et scientifiques s'inscrit plus particulièrement dans les perspectives utilitariste et technocratique³, le programme de science et environnement met davantage l'accent sur les expertises citoyenne et scientifique. Tout comme le programme de science et technologie, il accorde une importance particulière au développement de l'esprit critique des élèves. Il vise à consolider leur formation scientifique et constitue un préalable pour accéder aux programmes optionnels de science et technologie offerts en cinquième secondaire.

Ce programme se caractérise surtout par la nature de son contenu, entièrement constitué de concepts d'ordre scientifique. Il regroupe en une seule discipline plusieurs champs disciplinaires, à savoir la biologie, la chimie, la géologie et la physique. Ce regroupement est notamment motivé par la nécessité de faire fréquemment appel au contenu et

aux méthodes propres à plusieurs de ces champs pour résoudre de nombreux problèmes ou pour construire son opinion au regard de grandes problématiques environnementales.

Le programme vise le développement des trois compétences suivantes :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique;
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques;
- Communiquer à l'aide du langage scientifique.

Étroitement liées, ces compétences se rattachent à des dimensions complémentaires de la science : les aspects pratiques et méthodologiques; les aspects théoriques, sociohistoriques et environnementaux; et les aspects relatifs à la communication. Les exigences relatives à leur développement sont élevées, en raison notamment de la complexité des concepts prescrits.

La première compétence met l'accent sur la méthodologie utilisée en science pour résoudre des problèmes. Elle est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches, y compris la démarche expérimentale.

3. Sylvie BARMA et Louise GUILBERT, « Différentes visions de la culture scientifique et technologique : Défis et contraintes pour les enseignants », dans HASNI, Abdelkrim, Yves LENOIR et Joël LEBEAUME (dir.). *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2006, p. 11-39.

Les élèves sont appelés à se poser des questions, à résoudre des problèmes et à trouver des solutions en observant, en manipulant, en mesurant et en expérimentant, que ce soit dans un laboratoire ou sur le terrain.

La deuxième compétence met l'accent sur la conceptualisation et sur le transfert des apprentissages, notamment dans la vie quotidienne. Les élèves sont ainsi amenés à s'approprier les concepts qui permettent de comprendre diverses problématiques. Ces concepts sont abordés en tant qu'éléments utiles pour comprendre le monde et construire son opinion.

La troisième compétence fait appel aux divers langages propres à la discipline et essentiels au partage d'information, de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique. Elle postule non seulement la connaissance d'une terminologie et d'un symbolisme spécialisés, mais aussi leur utilisation judicieuse, notamment par l'adaptation du discours aux interlocuteurs ciblés.

Les trois compétences se développent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. Cependant, l'évaluation peut porter sur une seule compétence.

Les élèves sont invités à participer activement à des échanges en ayant recours aux langages propres à la science, conformément aux règles et aux conventions établies.

Les trois compétences se développent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. L'appropriation des démarches utilisées en science demande en effet que l'on connaisse et mobilise les concepts et les langages qui y correspondent. Elle s'effectue dans divers contextes qui contribuent à leur donner sens et portée. L'évaluation peut cependant porter sur une seule compétence.

Ces compétences sont indissociables des objets d'étude privilégiés par le programme. Provenant de divers champs disciplinaires, les concepts prescrits sont regroupés en trois univers : l'univers vivant; l'univers matériel; et l'univers de la Terre.

Relations entre le programme de science et environnement et les autres éléments du Programme de formation

De nombreuses relations peuvent être établies entre le programme de science et environnement et les autres éléments du Programme de formation, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales, le programme de mathématique et les autres domaines d'apprentissage.

Relations avec les domaines généraux de formation

Les problématiques associées aux domaines généraux de formation trouvent un écho important dans les enjeux et les défis liés aux découvertes et aux réalisations d'ordre scientifique, plus particulièrement dans leurs répercussions sur la santé, le bien-être, l'environnement et l'économie.

Santé et bien-être

Les savoirs acquis en science aident à répondre à de nombreuses interrogations liées à la santé et contribuent de façon significative à l'exploitation de ce domaine général de formation. Certains savoirs d'ordre scientifique permettent aux élèves, par exemple, de mieux comprendre les interactions entre leur corps et le milieu ambiant, ce qui peut les inciter à adopter de saines habitudes de vie. Songeons notamment aux rejets comportant certains contaminants qui risquent de s'accumuler dans la chaîne alimentaire.

Environnement et consommation

Les savoirs scientifiques contribuent à sensibiliser les jeunes à des questions liées à leur environnement, comme l'exploitation des ressources naturelles, les impacts de certaines réalisations humaines, la gestion des déchets, la richesse des différents milieux de vie et les enjeux éthiques associés à leur contamination. Plusieurs avancées de la science et de la technologie ont entraîné des habitudes de consommation qui ont des conséquences diverses

sur l'environnement. L'élaboration ou l'analyse d'un bilan écologique permet d'en faire ressortir les retombées d'ordre social, éthique, économique ou environnemental. Le bilan écologique permet aussi d'amener les élèves à s'interroger sur leurs propres habitudes de consommation et à adopter un comportement responsable à cet égard.

Médias

Que ce soit pour s'informer, apprendre ou communiquer, les élèves ont recours aux différents médias qui sont déjà très présents dans leur quotidien. Dans leur quête d'information, il importe qu'ils apprennent à devenir critiques à l'égard des renseignements qu'ils obtiennent. Ils doivent s'appropriier le matériel et les codes de communication médiatiques, et constater l'influence grandissante des médias dans leur vie quotidienne et dans la société. Ces ressources devraient être largement exploitées par l'enseignant. Les films, les journaux et la télévision traitent de sujets de nature scientifique ou technologique qui présentent de multiples liens possibles avec le quotidien des jeunes. Par ailleurs, l'intérêt, voire l'engouement, pour plusieurs appareils permettant la diffusion de l'information, tels que la radio, la télévision, l'ordinateur, le téléphone cellulaire ou encore les satellites de communication, peut être exploité pour contextualiser les apprentissages et accroître la motivation des élèves.

Les domaines généraux de formation nomment les grands enjeux contemporains. Par leur manière spécifique d'aborder la réalité, les disciplines scolaires apportent un éclairage particulier sur ces enjeux, supportant ainsi le développement d'une vision du monde élargie.

Orientation et entrepreneuriat

Les diverses activités que les élèves sont appelés à réaliser dans le cadre de ce programme sont autant d'occasions de les amener à mieux comprendre le travail du scientifique et à s'y intéresser pour leur orientation personnelle.

Plusieurs savoirs de nature scientifique s'avéreront utiles dans de nombreux secteurs d'emploi. L'enseignant peut aider les élèves à en prendre conscience et à mesurer leur intérêt pour ces secteurs et leur aptitude à s'engager dans des professions qui s'y rattachent. De telles prises de conscience sont particulièrement importantes au deuxième cycle du secondaire, puisque les élèves y sont appelés à préciser leur cheminement scolaire et professionnel.

Vivre-ensemble et citoyenneté

La culture scientifique que les élèves acquièrent graduellement se traduit par de nouvelles représentations de certains enjeux sociétaux, ce qui peut améliorer la qualité de leur participation à la vie de la classe, de l'école ou de la société dans son ensemble. Diverses activités se rapportant à l'environnement, telle l'organisation d'une campagne axée sur la gestion des matières résiduelles de l'école, peuvent offrir des canevas de situations susceptibles de les aider à faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable.

Relations avec les compétences transversales

L'appropriation et l'approfondissement d'une culture scientifique, telle qu'elle est proposée dans ce programme, s'opèrent par le développement des compétences disciplinaires, qui offrent un ancrage privilégié pour le développement des compétences transversales. Celles-ci contribuent en retour à élargir considérablement le rayon d'action des compétences disciplinaires.

Compétences d'ordre intellectuel

Les compétences d'ordre intellectuel jouent un rôle de premier plan en science. Ainsi, la quête de réponses ou de solutions à des questions d'ordre

scientifique exige des élèves qu'ils exploitent l'information de façon judicieuse et qu'ils se questionnent quant à la crédibilité des sources. Cela les amène aussi à acquérir de nouvelles habiletés en matière de résolution de problèmes et à les adapter à la nature particulière de contextes divers. Élaborer et mettre en œuvre un plan d'action pour résoudre un problème ou tenir compte de positions divergentes au regard d'une problématique scientifique représentent autant de façons de faire appel à leur pensée créatrice.

La société actuelle n'est pas à l'abri de la présence des pseudo-sciences. Les élèves doivent donc apprendre à exercer leur jugement critique, entre autres lorsqu'ils analysent certaines publicités,

certaines discours à prétention scientifique ou certaines retombées de la science et de la technologie. Il leur faut conserver une distance critique à l'égard des influences médiatiques, des pressions sociales de même que des idées reçues, et faire la part des choses, notamment entre ce qui est validé par la communauté scientifique et technologique, et ce qui ne l'est pas.

Compétences d'ordre méthodologique

Le souci de rigueur associé aux démarches propres à ce programme contraint les élèves à se donner des méthodes de travail efficaces. Ils apprennent aussi à respecter les normes et les conventions que nécessitent certaines de ces démarches.

L'essor des technologies de l'information et de la communication a largement contribué aux récentes avancées dans le monde de la science et de la technologie. Le fait que les élèves aient à recourir à divers outils technologiques (sondes connectées à des interfaces d'acquisition de données, dessin assisté par ordinateur, logiciels de simulation, etc.) dans l'expérimentation et la résolution de problèmes scientifiques favorise le développement de leur compétence à exploiter les technologies de l'information et de la communication. La participation à une communauté virtuelle, en se joignant par exemple à un forum de discussion ou à une visioconférence, pour partager de l'information, échanger des données, recourir à des experts en ligne, communiquer les résultats de leur démarche et les confronter à ceux de leurs pairs, constitue une autre façon de mettre cette compétence à profit et de la développer.

Les compétences transversales ne se construisent pas dans l'abstrait; elles prennent racine dans des contextes d'apprentissage spécifiques, le plus souvent disciplinaires.

Compétences d'ordre personnel et social

Lorsqu'ils considèrent des hypothèses ou des solutions, qu'ils passent de l'abstrait au concret ou de la décision à l'exécution, les élèves s'ouvrent à l'étendue des possibilités qui accompagnent l'action humaine. Ils envisagent une plus grande diversité d'options et acceptent de prendre des risques. Avec le temps, ils apprennent à se faire confiance en tirant profit de leurs erreurs et en explorant de nouveaux moyens d'actualiser leur potentiel.

Le développement des savoirs scientifiques appelle par ailleurs à la coopération, puisqu'il repose largement sur le partage d'idées ou de points de vue, sur la validation par les pairs ou par des experts et sur la collaboration à diverses activités de recherche et d'expérimentation.

Compétence de l'ordre de la communication

L'appropriation de concepts et celle, indissociable, des langages propres à la science concourent au développement de la compétence des élèves à communiquer de façon appropriée. Ils doivent non seulement découvrir graduellement les codes et les conventions de ces langages, mais également apprendre à en exploiter les divers usages.

Relations avec les autres disciplines

Dans une perspective de formation intégrée, il importe de ne pas dissocier les apprentissages réalisés en science de ceux qui sont réalisés dans d'autres domaines d'apprentissage. Toute discipline se définit, en partie du moins, par le regard particulier qu'elle porte sur le monde. Elle peut dès lors s'enrichir de l'apport complémentaire d'autres disciplines et contribuer à les enrichir à son tour.

Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie

La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique et technologique. Elle présente un ensemble de connaissances

dans lequel la science et la technologie puisent abondamment. Ainsi, les élèves qui entreprennent une démarche scientifique, comme c'est le cas ici, sont souvent amenés à mesurer, à dénombrer, à calculer des moyennes, à appliquer des notions de géométrie, à visualiser dans l'espace et à choisir divers modes

La réalité se laisse rarement cerner selon des logiques disciplinaires tranchées. C'est en reliant les divers champs de connaissance qu'on peut en saisir les multiples facettes.

de représentation. L'élaboration ou encore l'analyse d'un bilan écologique demande, par exemple, de faire des calculs et des conversions d'unités de mesure. De plus, le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels la mathématique recourt forment un langage rigoureux dont la science peut tirer profit.

D'autre part, la mathématique fait appel à des compétences axées sur le raisonnement, la résolution de problèmes et la communication, qui présentent une parenté avec celles qui sont au cœur du programme de science et environnement. Leur exercice conjoint ne peut que favoriser leur transfert et s'avère particulièrement propice au développement des compétences transversales, notamment celles d'ordre intellectuel. La science contribue en outre à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme la notion de variable, les relations de proportionnalité, les principes de la géométrie ou les concepts associés aux statistiques.

Domaine des langues

Les disciplines du domaine des langues fournissent aux élèves des outils essentiels au développement de leurs compétences scientifiques. Qu'il s'agisse de lire ou d'écrire des textes variés ou encore de communiquer oralement, les compétences acquises dans le cours de français sont nécessaires pour interpréter des informations de manière pertinente, pour décrire ou expliquer un phénomène et pour justifier certains choix méthodologiques. Par sa diversité et sa spécificité, le vocabulaire scientifique et technologique contribue de son côté à l'enrichissement du langage. Soulignons enfin l'étroite association entre la capacité d'analyser ou de produire des textes à l'oral ou à l'écrit et la compétence *Communiquer à l'aide du langage scientifique*.

La langue anglaise est très répandue dans les communications scientifiques et technologiques à l'échelle internationale. La connaître constitue un atout. L'atteinte d'un niveau minimal de compétence en anglais s'avère

indispensable, notamment pour participer à une communauté virtuelle ou à des activités pancanadiennes ou internationales, telle une expo-sciences. De plus, les élèves qui maîtrisent cette langue ont accès à des sources de renseignements beaucoup plus nombreuses et diversifiées.

Domaine de l'univers social

L'étude des avancées scientifiques et des développements technologiques peut éclairer notre compréhension de l'évolution des sociétés, puisque les problématiques auxquelles ces contributions visaient à répondre à divers moments de l'histoire étaient inscrites dans des réalités sociales particulières, souvent complexes et diversifiées. En retour, la perspective historique permet de remettre en contexte ces avancées et d'en mesurer l'ampleur. Se tourner vers le passé peut également apporter des réponses à des questions portant sur l'origine de certaines explications scientifiques.

Domaine des arts

La science tire profit de l'exercice de la créativité, à laquelle les disciplines artistiques concourent largement. Certaines démarches particulières à ce programme présentent en effet des liens avec la dynamique de création commune aux quatre disciplines du domaine des arts, soit l'art dramatique, les arts plastiques, la danse et la musique. C'est le cas notamment des stratégies d'observation, qui exigent parfois que l'on fasse preuve d'ingéniosité pour obtenir les données requises, de la formulation d'hypothèses, qui demande souvent une certaine audace, ou encore de la conception d'objets technologiques, qui fait largement appel au sens esthétique. La créativité est en tout temps sollicitée.

La science apporte en retour une importante contribution à ces disciplines. Par exemple, la prise de conscience des impacts possibles de certains produits sur l'environnement pourra influencer les artistes dans leurs choix de matériaux. De son côté, la capacité de transmettre et de produire des messages à caractère scientifique peut être mise à profit dans la création d'images médiatiques en arts plastiques.

Domaine du développement de la personne

En raison des multiples questions d'ordre éthique qui y sont abordées, ce programme bénéficie également des réflexions menées dans le cours d'éthique et culture religieuse. L'exploitation de certaines ressources énergétiques, les conséquences de leur transformation ou encore les enjeux liés à la production de déchets créés par la surconsommation en sont des exemples.

Des liens intéressants peuvent aussi être tissés avec le programme d'éducation physique et à la santé. Ainsi, les notions de saine alimentation, de gestion de l'énergie, de besoin énergétique corporel, d'endurance cardiovasculaire ou de santé et sécurité renvoient à des préoccupations communes aux deux programmes.

Le programme de science et environnement se prête donc fort bien à la mise en œuvre d'activités interdisciplinaires. C'est en effet du regard croisé des différents domaines d'apprentissage qui composent le Programme de formation de l'école québécoise que peut émerger la formation la plus complète, la plus adéquate et la plus susceptible d'offrir aux jeunes des moyens de s'adapter aux réalités du XXI^e siècle.

Contexte pédagogique

Cette section présente le contexte pédagogique favorable à la construction des compétences et des connaissances scientifiques. Le rôle de l'enseignant et celui de l'élève y sont successivement abordés.

Rôle de l'enseignant

Le rôle de l'enseignant est considéré ici sous quatre aspects : la construction ou l'adaptation de situations d'apprentissage et d'évaluation; l'accompagnement des élèves dans le développement de leurs compétences; l'évaluation du niveau de développement des compétences; et l'utilisation de certains modes d'intervention dans le contexte de l'éducation relative à l'environnement.

Construire ou adapter des situations d'apprentissage et d'évaluation significatives⁴

Un des premiers rôles de l'enseignant consiste à proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation stimulantes et à planifier ses interventions dans une perspective de différenciation des apprentissages. Il s'inspirera aussi souvent que possible de questions d'actualité associées à un ou plusieurs axes de développement d'un domaine général de formation. Dans le cadre de ce programme, les situations proposées font référence à des problématiques environnementales.

Un des premiers rôles de l'enseignant consiste à proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation stimulantes et à planifier ses interventions dans une perspective de différenciation des apprentissages.

4. L'annexe C présente des exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation qui illustrent la façon dont on peut exploiter en classe les problématiques proposées pour aider les élèves à donner un sens à leurs apprentissages et à s'appropriier des concepts dans un contexte où leur usage s'avère pertinent. Les situations d'apprentissage et d'évaluation permettent d'établir plusieurs liens avec les intentions éducatives des domaines généraux de formation de même qu'avec les apprentissages visés par d'autres disciplines. Elles rendent également possible l'exercice de compétences aussi bien disciplinaires que transversales.

Cette section présente les qualités que doivent posséder les situations d'apprentissage et d'évaluation, le type de situations à privilégier pour chacune des compétences et les ressources qui peuvent être mises à profit dans ces situations.

Des situations contextualisées, ouvertes et intégratives

Pour conférer plus de sens aux apprentissages et favoriser l'intégration des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être, il convient d'avoir recours à des situations d'apprentissage et d'évaluation contextualisées, ouvertes et intégratives.

Une situation est contextualisée dans la mesure où elle donne du sens aux concepts en les intégrant à un contexte dans lequel leur usage s'avère pertinent. À cette fin, elle traite de questions tirées de l'actualité, de réalisations scientifiques et technologiques liées aux réalités concrètes de la vie des élèves, ou encore de certains des grands enjeux de l'heure.

Une situation est ouverte lorsqu'elle présente des données de départ susceptibles de mener à différentes pistes de solution. Elle doit permettre d'aborder le problème de plusieurs façons et donner lieu à des activités variées. Les données initiales peuvent être complètes, implicites ou superflues. Certaines peuvent faire défaut et nécessiter une recherche qui débouchera sur de nouveaux apprentissages.

Une situation intégrative renvoie à des savoirs théoriques et pratiques de diverse nature ainsi qu'à des concepts provenant de plus d'un des univers à l'étude : l'univers vivant, l'univers matériel et l'univers de la Terre. Elle doit en outre permettre d'établir des liens avec les intentions éducatives d'un ou de plusieurs domaines généraux de formation et, le plus souvent possible, avec d'autres disciplines.

Des situations complexes qui permettent de développer des compétences

L'exercice des compétences disciplinaires passe par la maîtrise des concepts prescrits par ce programme et les programmes de science et technologie antérieurs. Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent ainsi favoriser l'acquisition de ces concepts tout en permettant de travailler les différents aspects des compétences visées. Elles doivent aussi inciter les élèves à s'engager dans des démarches pratiques, comme l'expérimentation, à construire leur opinion ou à s'exprimer sur les problématiques abordées.

Pour favoriser le développement de la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique*, l'enseignant doit proposer des situations qui suscitent l'engagement dans la résolution de problèmes faisant appel à une démarche expérimentale. Ces situations doivent donc comporter des manipulations. En raison des dangers que présente l'utilisation de certains instruments et substances, il importe que des personnes compétentes, comme les techniciens en travaux pratiques, puissent intervenir en cas de besoin. Certaines situations peuvent aussi nécessiter le recours à des démarches de modélisation et d'observation ou à une démarche empirique.

Pour amener les élèves à développer la compétence *Mettre à profit ses connaissances scientifiques*, l'enseignant leur proposera des situations qui leur demandent de construire leur opinion sur des problématiques environnementales variées et complexes. L'étude de ces problématiques leur permettra de développer leur esprit critique et d'apprendre à nuancer leur argumentation.

Finalement, la compétence *Communiquer à l'aide du langage scientifique* s'exerce dans des situations qui demandent de choisir un mode de présentation approprié, d'utiliser un vocabulaire scientifique adéquat à l'oral comme à l'écrit, et d'établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques. À tout moment, l'enseignant doit mettre l'accent sur la qualité de la langue, que ce soit lors d'une présentation orale, de la rédaction d'un rapport de laboratoire ou encore d'une réflexion sur les impacts de la science.

L'enseignant peut choisir de travailler les trois compétences en interrelation, tout en mettant l'accent sur l'une ou l'autre d'entre elles. Il devra, par ailleurs, avoir recours à différentes stratégies pédagogiques (l'approche par problème, l'étude de cas, la controverse ou le projet, etc.) qui favorisent l'adoption par les élèves d'une approche réflexive, dans la mesure où elles permettent de les amener à se poser des questions et à prendre du recul par rapport à leur démarche.

Ressources pouvant être mises à profit

L'exercice des compétences scientifiques repose sur la mobilisation de ressources internes ou externes de plusieurs types : ressources personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles et humaines. Les ressources personnelles correspondent aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes ou aux techniques. On parle aussi de « ressources conceptuelles » pour désigner spécifiquement les connaissances provenant de disciplines variées. Les ressources informationnelles comprennent les manuels et documents divers ou tout autre élément pertinent pour la recherche d'informations. La catégorie des ressources matérielles comporte notamment les instruments, les outils et les machines. Les objets usuels de toutes sortes en font également partie. Quant aux ressources institutionnelles, elles incluent les organismes publics ou parapublics tels que les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. Ce sont des richesses à exploiter pour amener les élèves à élargir leur culture scientifique.

Les enseignants constituent les ressources humaines les plus immédiatement accessibles. Tout comme les techniciens en travaux pratiques, ils sont indispensables sur plusieurs plans, notamment celui de la sécurité au laboratoire. Leur apport peut être complété par celui d'enseignants d'autres disciplines ou de différents experts.

Dans le cadre de ce programme, l'enseignant peut s'appuyer, quand cela est pertinent, sur des applications conçues ou analysées dans le cours

L'enseignant peut s'appuyer, quand cela est pertinent, sur des applications conçues ou analysées dans le cours d'applications technologiques et scientifiques. Elles constituent en effet un point d'ancrage dans les connaissances antérieures qui peut être exploité pour la construction de concepts scientifiques.

d'applications technologiques et scientifiques. Elles constituent en effet un point d'ancrage dans les connaissances antérieures qui peut être exploité pour la construction de concepts scientifiques. Des exemples d'objets, de systèmes, de produits ou de procédés qui se rapportent à chacune des problématiques suggérées sont présentés à l'annexe B.

Accompagner les élèves dans le développement de leurs compétences

Un deuxième aspect de la tâche de l'enseignant est de soutenir ses élèves dans le développement de leurs compétences. Pour cela, il doit baliser leur cheminement en tenant compte des aspects de la démarche sur lesquels il veut les amener à travailler plus particulièrement (par exemple, la construction d'un modèle, la formulation d'une première explication, le concept de variable, la notion de mesure, la représentation des résultats). Ouvertes quant aux moyens à prendre, les situations d'apprentissage et d'évaluation n'en doivent pas moins constituer un cadre rigoureux qui prévoit une tâche à réaliser, un but à atteindre, certaines ressources à mobiliser et l'aménagement de moments pour l'exercice du recul réflexif.

Il importe que l'enseignant adapte la tâche au niveau de compétence des élèves, donne des explications au besoin, réponde à leurs questions, propose des pistes de solution, encadre de manière plus soutenue ceux qui sont moins autonomes et s'assure du respect des règles de sécurité en laboratoire. Chacun doit apprendre à tirer profit de ses erreurs en comprenant qu'elles sont rarement dues au hasard.

L'enseignant doit offrir un encadrement souple aux élèves, mais il doit aussi les inciter à la rigueur. Il lui faut s'assurer qu'ils ne sont pas submergés par la quantité d'informations à traiter et les soutenir autant dans la sélection de données pertinentes pour la tâche ou la résolution du problème que dans la recherche de nouvelles données.

5. Se référer à la *Politique d'évaluation des apprentissages : Formation générale des jeunes, formation générale des adultes, formation professionnelle* et au *Cadre de référence en évaluation des apprentissages au secondaire*. Le Cadre fournit des informations utiles sur les caractéristiques d'une situation d'apprentissage et d'évaluation, la différenciation pédagogique, l'évaluation des compétences transversales, la notation, les échelles des niveaux de compétence, la communication des résultats et la planification de l'évaluation.

L'enseignant demeure toujours une référence importante pour les élèves. C'est particulièrement vrai en ce qui a trait à la régulation des apprentissages et aux interventions collectives en classe. Ces dernières peuvent devenir des temps forts au cours desquels il recadre les apprentissages notionnels et fait ressortir les liens entre leurs acquis récents et leurs connaissances antérieures. Il est également convié à jouer un rôle actif au moment d'effectuer des retours réflexifs ou d'élaborer une synthèse avec l'ensemble de la classe.

Évaluer le niveau de développement des compétences⁵

L'évaluation du niveau de développement des compétences constitue un autre aspect important du rôle de l'enseignant. Conformément à la Politique d'évaluation des apprentissages, l'évaluation revêt ici une double fonction : l'aide à l'apprentissage et la reconnaissance des compétences.

L'aide à l'apprentissage

Il importe que l'enseignant observe régulièrement ses élèves afin de les aider à réajuster leur démarche et à mobiliser plus efficacement leurs ressources. Il lui faut à cette fin leur proposer des situations d'apprentissage nombreuses et variées, et préparer pour chaque situation des outils d'observation, d'évaluation ou de consignation qu'il leur présentera. Lorsqu'il élabore ces situations et ces outils, il doit s'appuyer sur les critères d'évaluation énoncés pour la ou les compétences concernées afin de se donner des indicateurs auxquels il pourra rattacher des comportements observables qui lui permettront d'en évaluer le niveau de développement. Il aura également intérêt à se référer aux attentes de fin de programme et aux échelles des niveaux de compétence.

Dans tous les cas, les interventions de l'enseignant doivent avoir pour objectif de permettre aux élèves de prendre conscience de leurs difficultés et d'y remédier, ou encore de consolider des acquis. Ses observations peuvent se faire pendant qu'ils travaillent : elles appellent alors des interventions immédiates de sa part. Elles peuvent aussi être notées dans des outils de consignation qui lui permettront ensuite de faire le point sur les réussites et les difficultés de chacun, de revenir avec eux sur les stratégies utilisées et les apprentissages réalisés, et d'ajuster son enseignement au besoin.

Soulignons enfin que, dans sa fonction d'aide à l'apprentissage, l'évaluation relève aussi de la responsabilité de chaque élève. L'enseignant pourra donc favoriser des pratiques d'autoévaluation, de coévaluation ou d'évaluation par les pairs, et proposer aux élèves des outils à cette fin.

La reconnaissance des compétences

Pour attester du niveau de développement des compétences atteint par chaque élève, l'enseignant doit disposer d'un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il pourra fonder son jugement. Pour s'assurer de la validité de ce jugement, il se référera aux critères d'évaluation et aux attentes de fin de programme fixés pour chacune des trois compétences. Il devra également utiliser les échelles des niveaux de compétence élaborées pour ce programme.

Intervenir en contexte d'éducation relative à l'environnement⁶

L'étude des réalités environnementales permet non seulement de contextualiser l'apprentissage des concepts scientifiques, mais aussi d'aborder les aspects sociaux, politiques et éthiques de nombreuses découvertes et innovations que l'on doit à la science, et d'en saisir ainsi la signification et la portée.

Au delà de la simple transmission de connaissances concernant l'environnement et les problématiques qui y sont associées, l'éducation relative à l'environnement privilégie la construction, dans une perspective critique, de savoirs susceptibles d'accroître le pouvoir d'action des individus. Elle fait appel à une éthique environnementale et vise l'adoption d'attitudes, de valeurs et de conduites imprégnées de cette éthique.

L'éducation relative à l'environnement peut être abordée sous divers angles. On parlera d'éducation **au sujet de** l'environnement lorsque l'enseignement est axé sur le contenu et a pour objectif de susciter l'acquisition de

6. La conception de l'éducation relative à l'environnement présentée ici est inspirée de l'ouvrage de la chercheuse Lucie Sauvé : *Pour une éducation relative à l'environnement : Éléments de design pédagogique*, guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs, Montréal, Guérin, 1997, 361 p.

7. Lucie SAUVÉ, « Environnement et consommation : Stimuler l'engagement et construire l'espoir », *Spectre*, vol. 36, n° 3, octobre 2006, p. 11.

connaissances relatives à l'environnement. Si l'environnement est plutôt perçu comme une ressource pédagogique (un contexte) pour l'enseignement de la science, on se situe dans une perspective d'éducation **par** l'environnement. L'éducation **pour** l'environnement est quant à elle axée sur la résolution et la prévention des problèmes environnementaux. Enfin, pour concrétiser les apprentissages, une éducation **dans** l'environnement exploite le milieu extérieur à l'école (pédagogie de terrain) ou encore le contexte biophysique ou social dans lequel on vit.

L'environnement lui-même peut être considéré sous différents angles dont l'enseignant devra tenir compte pour intervenir de manière appropriée. On peut l'assimiler à la nature qui nous entoure et qu'il faut apprendre à apprécier, à respecter et à préserver, ou encore y voir un milieu de vie à connaître ou à aménager, ce milieu pouvant s'étendre à la biosphère et toucher alors le vivre-ensemble à long terme. On peut également l'envisager comme un espace où abondent les problèmes à prévenir ou à résoudre, ou encore comme un système à comprendre pour être en mesure de prendre des décisions éclairées. Enfin, l'environnement peut être perçu comme une ressource à gérer et à partager, et comme l'occasion de se donner un projet communautaire dans lequel s'engager. « C'est donc à travers un ensemble de dimensions interreliées et complémentaires que se déploie la relation à l'environnement. Une éducation relative à l'environnement limitée à l'une ou l'autre de ces dimensions reste donc incomplète et entretient une vision biaisée du rapport au monde⁷ ». Évidemment, il n'est pas possible d'aborder toutes ces dimensions dans une seule situation d'apprentissage et d'évaluation. Il importe néanmoins d'en couvrir un éventail aussi large que possible au cours de l'année en misant sur les multiples contextes offerts par la diversité des enjeux environnementaux.

L'élaboration ou l'analyse d'un bilan écologique et l'analyse des valeurs associées à des problématiques environnementales

Certaines stratégies pédagogiques élaborées dans le champ de l'éducation relative à l'environnement sont particulièrement bien adaptées à l'enseignement de la science. L'élaboration ou l'analyse d'un bilan écologique ainsi que l'analyse des valeurs associées à des problématiques environnementales font partie de ces stratégies.

L'élaboration et l'analyse d'un bilan écologique permettent d'évaluer les impacts environnementaux de l'ensemble des opérations se rapportant à un objet technique, à un système, à un produit ou à un procédé. Ces stratégies peuvent également s'appliquer à un individu, à un groupe d'individus, à un écosystème, à un pays, etc. Le bilan écologique consiste en une quantification des flux de matière et d'énergie entrants et sortants qui peuvent être associés au sujet soumis à l'étude. Dans le cas d'un produit, cela fait référence aux ressources énergétiques requises pour l'extraction des matières premières, à la transformation de ces matières en composants utilisables, à la fabrication des produits intermédiaires et des produits finis, au transport des matériaux vers chaque phase de transformation, à la fabrication du produit étudié, à sa distribution, à son utilisation finale et à son élimination (recyclage, réutilisation, incinération ou mise aux rebuts).

Le bilan écologique doit prendre en compte plusieurs paramètres. Il oblige à raisonner, à émettre des hypothèses, à faire des déductions et à proposer des solutions. Il aide à caractériser l'empreinte écologique d'un groupe d'individus (ou d'un écosystème, d'un produit, d'un procédé, etc.), à en considérer les impacts sur l'environnement et à trouver une façon d'agir en conséquence.

D'un autre côté, étant donné que les problématiques environnementales sont basées sur des conflits de valeurs entre différents protagonistes, il importe de souligner que le recours à ces problématiques dans l'enseignement de la science implique nécessairement des discussions à caractère éthique. L'analyse des valeurs permet de mieux comprendre la dimension affective et morale d'une problématique environnementale. Elle consiste à identifier et à évaluer celles qui sous-tendent les positions des divers acteurs impliqués dans une situation controversée. Elle est axée sur la compréhension de la dimension affective des conflits, mais se situe à un niveau d'analyse qui se veut le plus objectif possible. Parallèlement, l'élève pourra clarifier et situer ses propres valeurs par rapport à celles qui viennent d'être analysées. Cette comparaison sera très utile au moment de construire son opinion.

Il importe cependant de mettre l'enseignant en garde contre les dérives possibles vers une forme d'endoctrinement des élèves. Il pourrait en effet, de manière plus ou moins consciente, ne favoriser que certains points de vue ou certaines idées. Or, sur le plan pédagogique, l'étude d'une problématique est

pertinente lorsqu'on amène les élèves à explorer divers aspects et points de vue de manière à ce qu'ils développent eux-mêmes leur opinion.

Rôle de l'élève

Les élèves doivent s'engager activement dans leurs apprentissages, à l'aide de situations qui suscitent leur participation active, font appel à leur jugement critique et exigent d'eux qu'ils fassent preuve d'initiative, de créativité, d'autonomie et de rigueur intellectuelle. Pour ce faire, ils doivent construire et utiliser de multiples ressources internes (connaissances et techniques, habiletés, démarches, stratégies et attitudes). Si cela est nécessaire, ils cherchent des informations variées, sélectionnent les ressources matérielles utiles à leur démarche d'apprentissage ou recourent à des ressources humaines de leur environnement immédiat. Dans certains cas, il peut être intéressant pour eux de sortir du cadre familial ou scolaire. Leur milieu, les industries, les experts, les musées leur permettent de s'ouvrir au monde extérieur et de considérer d'autres points de vue.

Il est important que les élèves soient en mesure de recourir aux techniques appropriées lorsqu'ils exécutent leur plan d'action. S'ils utilisent des instruments de mesure ou de contrôle, ils doivent tenir compte des erreurs liées aux mesures, qu'elles soient attribuables à l'instrument, à l'opérateur ou à l'environnement. Ils doivent donc indiquer les mesures en utilisant un nombre adéquat de chiffres significatifs. De plus, il leur faut appliquer les normes de sécurité et faire preuve de prudence lors des manipulations en laboratoire. Dans le doute, ils doivent faire appel à leur enseignant ou au technicien en travaux pratiques afin de s'assurer que leurs interventions sont sécuritaires ou qu'ils utilisent correctement le matériel mis à leur disposition.

En tout temps, il importe qu'ils se soucient de la qualité de la langue orale et écrite, que ce soit lors d'une présentation orale, de la rédaction d'un rapport de laboratoire, d'un article scientifique ou encore d'une réflexion sur les impacts de la science.

Chaque élève est responsable de ses apprentissages et doit s'engager activement dans le développement des compétences en mobilisant de multiples ressources.

COMPÉTENCE 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique

Sens de la compétence

La science se caractérise notamment par la rigueur de la démarche de résolution de problèmes. Dans tous les cas, les problèmes comportent des données initiales, un but à atteindre ainsi que des spécifications servant à en préciser la nature, le sens et l'étendue. Le fait de chercher des réponses à des problèmes d'ordre scientifique implique le recours à divers modes de raisonnement ainsi qu'à différentes démarches associées aux disciplines scientifiques, telles les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale et empirique. Ces démarches mobilisent des stratégies d'exploration ou d'analyse et nécessitent créativité, méthode et persévérance. Apprendre à y recourir et à les articuler avec pertinence permet de mieux comprendre la nature de l'activité scientifique.

Bien qu'elles reposent sur des procédés rigoureux, ces démarches ne sont pas à l'abri des erreurs et peuvent faire appel au tâtonnement. Aussi s'accompagnent-elles d'une réflexion sur les actions de même que d'un questionnement visant à valider le travail en cours et à effectuer les ajustements nécessaires en fonction des buts fixés ou des choix effectués. Le résultat atteint soulevant parfois de nouveaux problèmes, les acquis sont toujours considérés comme provisoires et s'inscrivent dans un processus continu de recherche et d'élaboration de nouveaux savoirs.

Dans le cadre du programme de science et environnement, un élève compétent dans la recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique doit savoir mettre en œuvre plusieurs de ces démarches pour résoudre des problèmes qui, dans certains cas, sont relativement complexes. Au premier cycle, les élèves apprennent à distinguer la démarche expérimentale de la démarche technologique de conception : l'accent est mis sur leurs spécificités respectives, sur les objectifs distincts qu'elles poursuivent, mais aussi sur leur complémentarité. Au deuxième cycle s'ajoutent de manière plus explicite la démarche d'observation, la démarche

de modélisation et la démarche empirique. On vise alors pour toutes ces démarches une intégration à plus ou moins long terme au sein d'une même recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique.

Rarement simples, les problèmes de départ sont généralement abordés sous un angle scientifique. Ils soulèvent de nombreuses questions plus spécifiques qui peuvent être regroupées en sous-problèmes, chacun renvoyant à des principes scientifiques particuliers.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique repose sur un **processus dynamique et non linéaire**. Cela demande de circuler entre les différentes phases de la résolution d'un problème et de mobiliser les démarches, stratégies, techniques, principes et concepts appropriés. L'articulation de ces ressources suppose que l'on soit aussi en mesure de les adapter en tenant compte de la situation et de son contexte.

La résolution d'un problème commence toujours par la construction de sa représentation à partir d'indices significatifs et d'éléments jugés pertinents. Cette première représentation, parfois peu élaborée, pourra exiger plusieurs ajustements ultérieurs. En effet, la réalisation de nouveaux apprentissages, le recours à des informations ou à des connaissances antérieures qui n'avaient pas encore été prises en compte, les échanges d'idées avec les pairs ou l'enseignant, ou encore l'obtention de résultats expérimentaux imprévus donnent souvent lieu à des reformulations plus précises et plus proches du but à atteindre. La représentation initiale d'un problème peut donc être modifiée tout au long du processus. Il arrive aussi qu'une représentation adéquate soit élaborée dès le départ grâce à un solide bagage de connaissances spécifiques.

La première compétence est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches où la manipulation occupe une place centrale.

Une exploration de diverses possibilités de résolution doit ensuite être effectuée à partir de la représentation du problème. Après avoir sélectionné l'une d'elles, l'élève doit élaborer un plan d'action qui tient compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles imposées par le milieu et, d'autre part, des ressources dont on dispose pour résoudre le problème.

Lors de la mise en œuvre du plan, l'élève en exécute les étapes en prenant soin de consigner toutes les observations pouvant être utiles ultérieurement. De plus, s'il prend une mesure, il importe qu'il tienne compte des erreurs qui peuvent y être associées. De nouvelles données peuvent exiger une reformulation de la représentation du problème, l'adaptation du plan de départ ou la recherche de pistes de solution plus appropriées.

Vient ensuite l'analyse des résultats, qui a trait à l'organisation, à la classification, à la comparaison et à l'interprétation des résultats obtenus au cours du processus de résolution du problème. Elle consiste à repérer les tendances et les relations significatives qui les caractérisent, les relations qui s'établissent entre ces résultats ou encore entre ces résultats et les données initiales. Cette mise en relation permet de formaliser le problème, de valider ou d'invalider l'hypothèse, et de tirer une conclusion.

À tout moment du processus, des retours réflexifs doivent être effectués pour favoriser un meilleur contrôle de l'articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques utilisées et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

La plupart des démarches sur lesquelles repose cette compétence ne peuvent être mises en œuvre qu'au laboratoire. Les élèves doivent respecter les directives, travailler avec rigueur et avoir un souci d'efficacité et d'efficience. La sécurité doit être une préoccupation constante.

Cette compétence est indissociable des deux autres et ne saurait se développer isolément. Ainsi, la recherche de réponses à des problèmes d'ordre scientifique ne peut se faire indépendamment de l'appropriation et de la mise à profit de connaissances spécifiques. Les lois, les principes et les concepts propres à la discipline sont utilisés pour cerner un problème et pour le formuler en des termes qui le rapprochent d'une réponse ou d'une solution. Cette compétence exige également la maîtrise de stratégies de l'ordre de la communication. En effet, le processus de validation par les pairs est incontournable en science, tout comme la compréhension et l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique.

Compétence 1 et ses composantes

Cerner un problème

Considérer le contexte de la situation • S'en donner une représentation
• Identifier les données initiales • Identifier les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts scientifiques • Proposer des explications ou des solutions possibles

Élaborer un plan d'action

Explorer quelques-unes des explications ou des solutions provisoires • Sélectionner une explication ou une solution • Déterminer les ressources nécessaires • Planifier les étapes de sa mise en œuvre

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique

Concrétiser le plan d'action

Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux techniques et aux autres ressources appropriées
• Recueillir des données ou noter des observations pouvant être utiles • Apporter, si cela est nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action • Mener à terme le plan d'action

Analyser les résultats

Rechercher les tendances ou les relations significatives
• Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • Établir des liens entre les résultats et les concepts scientifiques • Proposer des améliorations, si cela est nécessaire • Tirer des conclusions

Critères d'évaluation

- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence en science et technologie établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

Attentes de fin de programme

À la fin de ce programme, l'élève est en mesure de mettre en œuvre un processus de résolution de problèmes. Il s'approprie le problème à partir des données initiales et dégage le but à atteindre ainsi que les conditions à respecter. Il reformule le problème en faisant appel à des concepts scientifiques. Il propose des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles qu'il est en mesure de justifier.

Il élabore sa planification en sélectionnant les démarches qui lui permettront d'atteindre son but. Il contrôle avec rigueur les variables importantes. Dans l'élaboration de son plan d'action, il choisit les outils conceptuels et matériels pertinents.

Il concrétise son plan d'action en travaillant de façon sécuritaire et l'ajuste au besoin. Il recueille des données en utilisant correctement le matériel choisi. Il tient compte de la précision des outils ou des équipements. En tout temps, il se préoccupe des erreurs liées aux mesures. Il analyse les données recueillies et en tire des conclusions ou des explications pertinentes. S'il y a lieu, il énonce de nouvelles hypothèses ou propose des améliorations à sa solution ou de nouvelles solutions. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

Tout au long du processus, il fait preuve de rigueur et il recourt aux explications qualitatives et au formalisme mathématique requis pour appuyer son raisonnement.

COMPÉTENCE 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques

Sens de la compétence

La science a des répercussions sur notre vie. Certaines sont positives et contribuent de façon notable à en améliorer la qualité. D'autres, par contre, soulèvent des enjeux d'ordre éthique à l'égard desquels il faut se situer. Toutes les sphères de l'activité humaine, qu'elles soient d'ordre personnel, social ou professionnel, sont touchées à des degrés divers, de telle sorte que la science apparaît aujourd'hui comme un outil indispensable pour comprendre le monde dans lequel nous vivons et nous y adapter. Afin de s'intégrer à la société et d'y exercer son rôle de citoyen de façon éclairée, l'individu doit donc disposer d'une solide culture scientifique impliquant la capacité de mettre à profit ses connaissances dans le domaine, quel que soit le contexte.

Au premier cycle du secondaire, les élèves ont appris à mettre à profit leurs connaissances scientifiques et technologiques en tentant de dégager des retombées de la science et de la technologie et de comprendre des phénomènes naturels de même que le fonctionnement de quelques objets techniques. Au deuxième cycle, cette réflexion se poursuit, mais le niveau des exigences est plus élevé. Dans le programme de science et environnement, elle porte de manière spécifique sur des questions scientifiques. Par exemple, si l'on s'interroge sur une application technologique, on cherchera à dégager les principes scientifiques sous-jacents à ses caractéristiques. D'une part, les élèves sont confrontés à diverses problématiques sur lesquelles ils sont progressivement appelés à se construire une opinion, plusieurs questions étant alors soulevées et examinées selon différentes perspectives (aspects, points de vue, retombées, etc.). D'autre part, bien qu'ils soient amenés à exploiter les ressources conceptuelles qu'ils ont accumulées jusqu'alors, ils sont aussi forcés d'en acquérir de nouvelles pour en compenser les lacunes.

Cette compétence implique que l'élève situe une problématique dans son contexte, qu'il dégager des principes scientifiques qui y sont liés et qu'il construise son opinion.

Pour mettre à profit leurs connaissances scientifiques, les élèves doivent d'abord apprendre à situer les problématiques dans leur contexte. Cet exercice suppose qu'ils s'en construisent une représentation systémique qui prend en compte différents aspects (social, historique, économique, etc.) et les divers points de vue sur le sujet (environnementalistes, syndicats, politiciens, etc.). Cette représentation leur permettra d'en dégager les enjeux éthiques, s'il y a lieu, et d'envisager des solutions dont ils pourront examiner certaines retombées à court et à long terme.

L'analyse d'une problématique exige de dégager certains principes scientifiques qui s'y rapportent. L'exercice de cette compétence suppose donc que les élèves se soient approprié les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension de ces principes. Cette appropriation ne saurait toutefois se limiter à la simple maîtrise d'un formalisme mathématique ou à l'application d'une recette. Comprendre un principe ou un phénomène consiste à s'en donner une représentation qualitative, et dans certains cas quantitative, qui permet de l'expliquer à l'aide de lois et de modèles, de le décrire, d'en saisir les relations, et parfois de prédire de nouveaux phénomènes. Les démarches empiriques, d'observation et de modélisation, entre autres, constituent donc des ressources dont les élèves peuvent tirer profit pour comprendre des principes scientifiques.

Par ailleurs, la mobilisation des connaissances scientifiques ne serait pas complète sans l'exercice de la pensée critique. L'analyse systématique d'une problématique doit conduire les élèves à se forger graduellement une opinion à son égard. En ayant consulté différentes ressources qui présentent divers aspects et points de vue, ils pourront hiérarchiser les éléments d'information et en privilégier certains de manière à construire leur opinion. Ils seront alors capables de justifier ou de nuancer cette opinion en tenant compte d'informations nouvelles qui pourraient leur être présentées.

Des retours réflexifs doivent être effectués à tout moment du processus de résolution des problèmes associés à la problématique à l'étude pour favoriser une meilleure articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et les techniques liées à la problématique, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

Cette compétence fait également appel à des éléments de communication liés à la production, à l'interprétation et à la transmission de messages à caractère scientifique ainsi qu'à l'utilisation du langage propre à la science.

Compétence 2 et ses composantes

Situer une problématique scientifique dans son contexte

Identifier des aspects du contexte (social, environnemental, historique, etc.) • Établir des liens entre ces divers aspects • Dégager, s'il y a lieu, des enjeux éthiques liés à la problématique • Anticiper des retombées à long terme

Comprendre des principes scientifiques liés à la problématique

Reconnaître des principes scientifiques • Décrire ces principes de manière qualitative ou quantitative • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles

Mettre à profit ses connaissances scientifiques

Construire son opinion sur la problématique à l'étude

Chercher diverses ressources et considérer différents points de vue • Déterminer les éléments qui peuvent aider à construire son opinion • Justifier son opinion en s'appuyant sur les éléments considérés • Nuancer son opinion en prenant en considération celle des autres

Critères d'évaluation

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois, des modèles et des théories de la science
- Production d'explications ou de solutions pertinentes
- Justification adéquate des explications, des solutions, des décisions ou des opinions

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence en science et technologie établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

Programme de formation de l'école québécoise

Attentes de fin de programme

› 18
Chapitre 6

À la fin de ce programme, l'élève est en mesure d'analyser des situations ou de réagir à des questionnements liés à de grandes problématiques tirées du quotidien, de l'actualité, etc. Il les aborde sous l'angle de la science. Il circonscrit la problématique en explorant divers aspects (sociaux, environnementaux, économiques, politiques, technologiques, etc.) et en dégage, s'il y a lieu, les principaux enjeux éthiques. Quand cela est pertinent, il est à même d'évaluer les retombées à long terme liées aux enjeux soulevés.

Lorsque l'élève analyse un problème sous l'angle de la science, il tente de reconnaître les principes en cause. Au regard de ces principes, il formule une explication ou une solution provisoire qu'il valide en s'appuyant sur les concepts, les lois, les théories et les modèles pertinents. Il est en mesure de décrire de manière qualitative ces principes scientifiques et il doit recourir au formalisme mathématique pour justifier son explication, lorsque la situation l'exige.

Après avoir exploré divers aspects (sociaux, environnementaux, économiques, politiques, etc.) ou divers enjeux éthiques liés à une problématique, l'élève effectue une recherche pour connaître différents points de vue sur la question. Il donne priorité aux informations qu'il juge importantes tout en s'assurant de la crédibilité des sources. Il se forge ainsi une opinion fondée en s'appuyant entre autres sur des principes scientifiques. Il est en mesure de justifier son opinion en s'appuyant sur une argumentation riche et de la reconsidérer en fonction de nouvelles informations.

COMPÉTENCE 3 Communiquer à l'aide du langage scientifique

Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans la construction des savoirs scientifiques. Dans la mesure où ils sont socialement élaborés et institués, ils ne se construisent que dans le partage de significations, l'échange d'idées et la négociation de points de vue. Cela exige l'emploi d'un langage standardisé, c'est-à-dire d'un code qui délimite le sens des signes linguistiques et graphiques en fonction de l'usage qu'en fait la communauté scientifique. La diffusion des savoirs obéit aussi à des règles. Les résultats de recherche doivent en effet être soumis à un processus de validation par les pairs avant d'être largement diffusés dans la communauté et le grand public. La communication peut donc revêtir diverses formes selon qu'elle s'adresse aux membres de cette communauté ou qu'elle vise à informer un public non initié.

En science et environnement, les élèves doivent être aptes à communiquer à l'aide du langage utilisé en science et doivent savoir recourir aux normes et aux conventions propres à cette discipline lorsqu'ils participent à des échanges sur des questions d'ordre scientifique ou qu'ils interprètent ou produisent des informations de cette nature. Il importe également qu'ils apprennent à respecter la propriété intellectuelle des personnes dont ils reprennent les idées ou les résultats. Une importance toute particulière doit être accordée à l'interprétation, sans négliger pour autant la participation à des échanges ou la production de messages.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation des élèves à des échanges d'information à caractère scientifique, qu'il s'agisse de partager le fruit d'un travail avec des pairs, de rechercher auprès d'experts des réponses à un questionnement ou encore de contribuer à des activités telles que la présentation d'un projet ou la rédaction d'un article scientifique. Particulièrement utiles pour aider les élèves à préciser leurs représentations et à valider un point de vue en le confrontant à celui des autres, ces situations doivent aussi viser l'adoption

d'une attitude d'ouverture et de réceptivité à l'égard de la diversité des connaissances, des points de vue et des approches. Une attention particulière doit être portée au fait que certains termes n'ont pas la même signification dans le langage courant et dans le langage propre à la science. Le sens des concepts peut également différer selon le contexte disciplinaire dans lequel ils sont utilisés. Il est donc indispensable que les élèves prennent en compte le contexte de la situation de communication pour déterminer les enjeux de l'échange et adapter leur comportement en conséquence.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation des élèves à des échanges d'information, à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique.

L'interprétation, qui représente une autre composante importante de la compétence, intervient tout autant dans la lecture d'un article scientifique ou l'écoute d'un exposé oral que dans la compréhension d'un rapport de laboratoire. Toutes ces activités exigent des élèves qu'ils saisissent le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés et qu'ils donnent la signification exacte d'un

graphique ou d'un schéma. Ils doivent aussi établir des liens explicites entre les concepts comme tels et leur représentation graphique ou symbolique. Lorsqu'ils s'adonnent à une activité d'écoute ou qu'ils consultent des documents, il leur faut en outre vérifier la crédibilité des sources et sélectionner les informations qui leur semblent pertinentes.

La production de messages à caractère scientifique est également un aspect important de cette compétence puisque les situations peuvent exiger des élèves qu'ils élaborent un protocole de recherche, rédigent un rapport de laboratoire, résument un texte ou fassent un exposé sur une question d'ordre scientifique. La prise en compte du destinataire ou des particularités du public ciblé constitue un passage obligé pour la délimitation du contexte de ces productions. Cela demande que les élèves déterminent un niveau d'élaboration accessible au public ciblé, structurent le message en conséquence et choisissent des formes et des modes de représentation appropriés à la communication. Le souci de bien utiliser les concepts, les formalismes, les symboles, les graphiques et les schémas contribue à donner de la clarté, de la cohérence et de la rigueur au message. Dans ce type de communication, le recours aux technologies de l'information et de la communication peut s'avérer utile ou offrir un enrichissement substantiel.

Au cours de leur participation à un échange, les élèves doivent effectuer des retours réflexifs pour favoriser une meilleure articulation des stratégies de production et d'interprétation. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques associées à la communication, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences du contexte de l'échange.

Cette compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux autres, dont elle vient renforcer le développement. Tout en contribuant de manière significative à leur donner toute leur étendue, elle s'enrichit de la compréhension accrue qui résulte des recherches et des réalisations qui les caractérisent. La première compétence, axée sur la résolution de problèmes d'ordre scientifique, fait appel à des normes et à des conventions, et ce, tant pour l'élaboration d'un protocole de recherche que pour l'explication de lois et de principes ou la présentation de résultats expérimentaux. Tableaux, symboles, graphiques, schémas, équations mathématiques et modèles sont autant de modes de présentation qui peuvent soutenir la communication, mais qui nécessitent de respecter les règles d'usage propres à la science et à la mathématique.

L'appropriation des concepts scientifiques de même que leur mise à profit, qui font l'objet de la deuxième compétence, exigent un langage et un type de discours appropriés. Par exemple, les lois scientifiques, qui sont une façon de modéliser les phénomènes, s'expriment généralement par des définitions ou des formalismes mathématiques. Les comprendre, c'est pouvoir les relier aux phénomènes qu'ils ont pour objectif de représenter.

Compétence 3 et ses composantes

Participer à des échanges d'information à caractère scientifique

Faire preuve d'ouverture • Valider son point de vue ou sa solution en les confrontant avec ceux d'autres personnes • Intégrer à sa langue orale et écrite un vocabulaire scientifique approprié

Interpréter des messages à caractère scientifique

Faire preuve de vigilance quant à la crédibilité des sources • Repérer des informations pertinentes • Saisir le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés • Établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques • Sélectionner les éléments significatifs

Communiquer à l'aide du langage scientifique

Produire et transmettre des messages à caractère scientifique

Tenir compte du destinataire et du contexte • Structurer son message • Utiliser les formes de langage appropriées dans le respect des normes et des conventions établies • Recourir aux formes de présentation appropriées • Démontrer de la rigueur et de la cohérence

Critères d'évaluation

- Interprétation juste de messages à caractère scientifique
- Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique
- Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence en science et technologie établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

Attentes de fin de programme

À la fin de ce programme, l'élève interprète et produit, sous une forme orale, écrite ou visuelle, des messages à caractère scientifique.

Lorsqu'il interprète un message, il a recours au langage associé à la science. Selon la situation, il utilise avec rigueur tant le langage scientifique, technologique, mathématique ou symbolique que le langage courant. Il tient compte de la crédibilité de la source d'information. Lorsque cela est nécessaire, il définit les mots, les concepts et les expressions en s'appuyant sur des sources crédibles. Parmi toute l'information consultée, il repère et utilise les éléments qu'il juge pertinents et nécessaires à l'interprétation juste du message.

Il produit des messages structurés et clairs et les formule avec rigueur. Il respecte les conventions tout en utilisant des modes de représentation appropriés. Il choisit et utilise adéquatement des outils, dont les technologies de l'information et de la communication, qui l'aident à bien livrer son message. S'il y a lieu, il adapte son message à ses interlocuteurs. Il est en mesure d'explicitier, en langage courant, le sens du message qu'il produit ou qu'il a interprété. Quand la situation l'exige, il confronte ses idées avec celles de ses interlocuteurs. Il défend alors ses idées, mais s'ajuste quand les arguments d'autrui lui permettent de mieux préciser sa pensée. En tout temps, il respecte la propriété intellectuelle dans la production de son message.

Le programme de science et environnement vise la consolidation et l'enrichissement de la culture scientifique des élèves. À cette intention s'ajoute celle de former des utilisateurs de la science conscients de l'importance de considérer les impacts environnementaux à court, à moyen et à long terme. S'ajoute également l'intention de préparer un certain nombre d'élèves à s'orienter vers des carrières leur permettant d'assumer un rôle de surveillance et d'évaluation de ces impacts dans la communauté.

Les ressources du programme de science et environnement constituent un complément aux savoirs acquis dans le cadre du programme d'applications technologiques et scientifiques. Leur appropriation rend les élèves du parcours de formation générale appliquée aptes à accéder aux programmes optionnels offerts en cinquième secondaire.

Les ressources sont présentées en deux parties. La première est consacrée aux concepts prescrits et la seconde porte sur les démarches, les stratégies et les attitudes à acquérir ainsi que sur les techniques prescrites. Les démarches correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en science. Les stratégies sont mises en œuvre lors de l'exercice des compétences en vue de l'articulation des démarches. Les attitudes, qu'elles soient liées au savoir ou au savoir-agir, engagent et responsabilisent les élèves. Enfin, les techniques renvoient à des procédés méthodiques fréquemment utilisés en science. Leur rôle dans le développement des compétences s'avère ainsi fondamental.

Les concepts prescrits de même que les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées dans ce programme constituent des ressources pour le développement des compétences.

Concepts prescrits

Les concepts prescrits sont regroupés dans trois univers : l'univers vivant; l'univers matériel; et l'univers de la Terre. Comme ces univers sont interreliés, ils ne doivent pas être abordés séparément ni de manière séquentielle. Il en est de même des concepts, qui ne doivent pas non plus être abordés selon une séquence prédéterminée, mais au moyen de situations d'apprentissage et d'évaluation intégratives.

Chaque univers est présenté dans un tableau à deux colonnes. Dans la première figurent les concepts généraux ainsi que les orientations qui élaborent, contextualisent et précisent les assises conceptuelles, tout en laissant une certaine latitude à l'enseignant. À l'occasion, des notes fournissent des précisions supplémentaires sur la portée des concepts et sur les

limites à donner à leur étude. La deuxième colonne présente la liste, non limitative, des concepts prescrits. Il est en effet souhaitable que la richesse des situations d'apprentissage et d'évaluation permette d'aller au delà des exigences minimales.

Un tableau de repères culturels figure à la fin de la présentation de chaque univers. Destinés à enrichir les situations d'apprentissage et d'évaluation, ces repères contribuent à donner un caractère intégratif aux activités pédagogiques en les ancrant dans la réalité sociale, culturelle ou quotidienne des élèves. Ils permettent souvent d'établir des liens avec les domaines généraux de formation et avec d'autres domaines d'apprentissage.

Cette section se termine par un tableau synthèse qui offre une vue d'ensemble de tous les concepts prescrits de ce programme.

Univers vivant

L'étude des problématiques environnementales proposées dans ce programme s'articule autour du concept général d'écologie. L'apprentissage du concept d'écotoxicologie, en relation avec les concepts de population, de dynamique des communautés et de dynamique des écosystèmes (à l'étude

dans le programme de base), permet de comprendre les niveaux d'organisation des vivants et leur relation à leur environnement ainsi que les effets de l'activité humaine sur ces vivants.

Orientations		Concepts prescrits	
<p>Écologie</p> <p>L'écotoxicologie concerne les effets à long terme de certaines pollutions récurrentes sur les écosystèmes. Alors que des contaminants peuvent être dégradés par des processus naturels, d'autres s'accumulent dans les écosystèmes ou dans les organismes vivants, dans les cours d'eau, les lacs et les étangs. C'est le cas des phosphates et du mercure. Ainsi, l'exposition prolongée d'un réseau trophique aux substances toxiques explique que l'on retrouve parfois ces polluants dans les organismes aquatiques à une concentration supérieure à celle que l'on mesure dans l'eau dans laquelle ils vivent.</p> <p>La toxicité de chaque contaminant dépend notamment de sa concentration, des caractéristiques du milieu dans lequel il est rejeté, de la nature des organismes avec lesquels il est en contact et de la durée de l'exposition. Afin d'évaluer les effets d'un type de polluant sur les organismes, plusieurs données sont disponibles. Parmi celles-ci, on retiendra le seuil de toxicité, soit la quantité minimale de contaminant (en mg par kg de masse de l'organisme) qui produit un effet néfaste notable sur un organisme.</p> <p>Note : Dans le cadre de ce programme, les élèves ne devront faire qu'une évaluation qualitative de la toxicité du milieu à l'étude, basée sur des données qui leur seront fournies.</p>		<p>– Écotoxicologie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contaminant • Bioconcentration • Bioaccumulation • Seuil de toxicité 	
Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
René Truhaut	Musées des sciences naturelles Aires protégées Jardins zoologiques Réserves mondiales de l'UNESCO Groupes environnementaux Sociétés de conservation Chaires, centres et instituts de recherche en éducation relative à l'environnement Biosphère d'Environnement Canada Conseils régionaux de l'environnement	Protection de l'environnement Développement durable	Découverte de la structure de l'ADN Sommets de la Terre Protocole de Kyoto Forum mondial de l'eau

Univers matériel

Les concepts prescrits en ce qui a trait à l'univers matériel sont regroupés autour de cinq concepts généraux : les propriétés physiques des solutions; les transformations physiques; les transformations chimiques; l'organisation

de la matière; et les transformations de l'énergie mécanique. Ils ont été retenus en raison de leur importance pour l'étude de diverses problématiques environnementales.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Propriétés physiques des solutions</p> <p>Dans l'environnement, la matière est généralement présente sous la forme de mélanges dont plusieurs sont des solutions aqueuses. La propriété de l'eau de dissoudre de nombreuses substances est essentielle à la compréhension de nombreux phénomènes vitaux et environnementaux. Une attention particulière sera portée aux propriétés des solutions aqueuses d'acides, de bases et de sels. Ces solutions se définissent par leurs propriétés mesurables et observables.</p> <p>Les propriétés physiques des solutions aqueuses varient selon les constituants et leurs proportions. La solubilité d'un solide ou d'un gaz s'exprime en grammes de soluté pour un volume donné de solvant. Elle varie notamment selon la température. La concentration s'exprime en parties par million, en pourcentage, en grammes ou en moles de soluté par litre de solution. Au cours du cycle naturel de l'eau, la dissolution, la dilution et l'évaporation causent des variations de concentration des substances dissoutes.</p> <p>Certaines substances en solution dans l'eau permettent le passage du courant. Ce sont les électrolytes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Ions – Conductibilité électrique
<p>Transformations physiques</p> <p>La préparation de solutions par dissolution et la modification de la concentration à la suite d'une dilution sont des opérations courantes dans la vie quotidienne. Il importe d'amener les élèves à les maîtriser et à les mettre en pratique de façon rigoureuse.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Dissolution – Dilution
<p>Transformations chimiques</p> <p>Les propriétés chimiques d'une substance ou d'un groupe de substances sont en rapport avec leurs transformations chimiques particulières au contact l'une de l'autre. Les produits de ces transformations étant différents des réactifs, ils seront caractérisés par d'autres propriétés. Le nombre d'atomes de chaque élément et leur masse se conservent toutefois. Sur cette base, des équations chimiques sont balancées. Des calculs sur les quantités (en moles et en grammes) de matière qui participent à une réaction chimique sont effectués. Ils permettent également de prévoir la quantité d'énergie produite ou absorbée.</p> <p>Diverses réactions chimiques, en rapport avec chacune des problématiques, sont examinées. Elles mettent en évidence le fait que les atomes de différents éléments et les ions ont un pouvoir combinatoire déterminé en relation avec leur structure. La tendance des atomes à acquérir la structure électronique périphérique du gaz inerte voisin, par gain, par perte ou par mise en commun d'électrons, est déterminée par le nombre et la disposition des électrons dans les atomes.</p> <p>Note : Les calculs stœchiométriques sont effectués en supposant que les réactions chimiques sont complètes. Lors de l'étude des liaisons, les éléments de transition ne sont pas considérés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Précipitation – Décomposition et synthèse – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – Sels – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique

Univers matériel (Suite)

Orientations	Concepts prescrits
<p>Organisation de la matière</p> <p>Au cours de l’histoire, différents modèles d’organisation de la matière ont été proposés pour expliquer ses propriétés et ses transformations. Le modèle atomique de Rutherford-Bohr rend compte de l’existence de deux types de particules (protons et électrons) et de leur organisation : le noyau est constitué, entre autres, de protons, et les électrons, en nombre égal à celui des protons, circulent autour du noyau sur des couches électroniques qui correspondent à différents niveaux énergétiques. Quant au modèle atomique simplifié, il intègre une seconde particule nucléaire (le neutron) dont l’existence a été confirmée et prend en compte trois types de particules. Le tableau périodique des éléments fournit les informations nécessaires à la configuration des atomes.</p> <p>La matière s’organise également au niveau moléculaire et ionique. La nomenclature et l’écriture des formules de divers composés usuels, y compris ceux formés à l’aide des ions polyatomiques les plus fréquents, s’appuient sur les règles en usage.</p> <p>Certains atomes d’un même élément diffèrent cependant les uns des autres par leur nombre de neutrons et donc par leur masse atomique. Ce sont les isotopes. Ils occupent la même position dans le tableau de classification périodique parce qu’ils ont le même numéro atomique et les mêmes propriétés chimiques. Les isotopes sont naturellement présents, mais ils peuvent aussi être produits en laboratoire ou par l’industrie.</p> <p>La notion de mole et le nombre d’Avogadro sont abordés pour permettre les calculs qui déterminent les relations quantitatives entre les réactifs et les produits au cours des réactions chimiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Notation de Lewis – Particules élémentaires (proton, électron, neutron) – Modèle atomique simplifié – Masse atomique relative et isotopes – Règles de nomenclature et d’écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole
<p>Transformations de l’énergie</p> <p>L’énergie est présente dans l’environnement sous diverses formes. Quelle que soit cette forme, elle correspond au travail qu’un système est susceptible de produire. Ce travail implique une force et un déplacement. La relation entre le travail, la force et le déplacement sera examinée selon que le point d’application de la force se déplace dans la même direction que la force ou dans une direction différente.</p> <p>Avec des moyens appropriés, il est possible de convertir une forme d’énergie en une autre. Dans un système isolé, l’énergie totale est conservée au cours de ces transformations. Si le système n’est pas isolé, il perd une certaine quantité d’énergie qui est récupérée par le milieu et les systèmes extérieurs avoisinants. L’énergie transformée correspond au travail fourni. Les transformations de l’énergie cinétique à l’énergie potentielle, et inversement, sont considérées.</p> <p>Un corps chaud a une capacité d’action particulière : en se refroidissant, il provoque le réchauffement d’un corps plus froid avec lequel il est en contact. Quoique chaleur et température soient souvent utilisées comme des synonymes dans la vie courante, une distinction entre les deux est nécessaire, en particulier pour aborder la problématique de l’énergie. La relation entre la quantité d’énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température sera examinée.</p> <p>Note : Les aspects qualitatifs et quantitatifs des transformations d’énergie sont traités.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l’énergie – Relation entre l’énergie potentielle, la masse, l’accélération et le déplacement – Relation entre l’énergie cinétique, la masse et la vitesse – Relation entre l’énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température

Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
Svante Arrhenius Thomas Edison Isaac Newton James Watt Ernest Rutherford Niels Bohr Gilbert Lewis Wilhelm Homberg James Chadwick Joseph John Thomson Julius von Mayer	Facultés des sciences et de génie Musées à caractère scientifique Groupes environnementaux Agence de l'efficacité énergétique du Québec Ressources naturelles Canada	Systèmes d'épuration des eaux Développement du réseau électrique	Construction des complexes hydroélectriques Construction de parcs d'éoliennes

Univers de la Terre

En plus de fournir l'occasion d'étudier les interactions qui surviennent dans la biosphère, les concepts retenus pour ce programme permettent d'approfondir certains impacts de l'activité humaine sur les écosystèmes. La

connaissance des divers systèmes terrestres permet de mieux comprendre l'équilibre de la géosphère.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Lithosphère</p> <p>Les couches que l'on peut observer dans une coupe du sol, appelées <i>horizons</i>, diffèrent sur le plan de la structure et de la composition. L'étude du profil d'un sol permet de mieux comprendre la circulation des éléments chimiques dans ce sol et de prévoir son évolution. En effet, l'humidité, le pH et la teneur en minéraux sont des facteurs qui régissent l'activité biologique des sols, essentielle à la nutrition des êtres vivants.</p> <p>La capacité tampon d'un sol exprime son potentiel à limiter les variations de pH et lui permet de différer dans le temps les conséquences d'une contamination. Sa mesure fournit un indice de la fertilité du sol.</p> <p>La contamination par les composés organiques persistants ou les métaux lourds est susceptible de modifier les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols et d'avoir des conséquences sur leur fertilité. La pollution des sols tient également compte des dépôts atmosphériques engendrés par les activités industrielles et agricoles. Par exemple, l'acidification graduelle des sols, subséquente aux précipitations acides, réduit progressivement leur capacité tampon et entraîne la mise en circulation de nutriments ou de métaux lourds.</p>	<ul style="list-style-type: none">– Horizons du sol (profil)– Capacité tampon du sol– Contamination
<p>Hydrosphère</p> <p>Les lacs, les cours d'eau et les milieux humides sont des systèmes dynamiques qui abritent diverses espèces vivantes dont la croissance dépend de facteurs tels que la température, l'oxygénation et la composition chimique de l'eau. À l'intérieur de certaines limites, un écosystème est capable de transformer les matières organiques biodégradables qu'il reçoit pour maintenir un état d'équilibre. Un milieu aquatique devient pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable soit par l'apport en quantités importantes de substances toxiques, soit par l'élévation de la température des eaux. Lorsque les polluants s'accumulent, ils provoquent la raréfaction des espèces fragiles, altèrent leurs capacités physiologiques ou encore détériorent la qualité de l'eau au point de la rendre impropre à la consommation. D'autres agents polluants, comme les plastiques, les métaux et certains pesticides, ne sont pas biodégradables ou le sont très peu; ces substances nuisent aux espèces vivantes qui les ingèrent. Les effets des divers polluants sur les milieux aquatiques dépendent de la nature et de la concentration du polluant, ainsi que des caractéristiques de l'écosystème aquatique. Par exemple, une concentration excessive de phosphates ou de nitrates peut entraîner la prolifération des cyanobactéries. Dans certains cas, cela conduit à la libération de neurotoxines nuisibles aux êtres vivants.</p> <p>L'eutrophisation constitue une étape du processus naturel d'évolution d'un plan d'eau. Ce processus tend à s'accroître à la suite d'un apport excessif en nutriments, notamment des composés d'azote et de phosphore, qui accélère la croissance d'algues et d'autres formes de vie végétale. Cet accroissement de la biomasse, combiné à une température élevée des eaux, fait diminuer la quantité d'oxygène dissous et limite la capacité d'autoépuration du plan d'eau. Cette forme de dégradation des plans d'eau est liée aux activités humaines, en particulier aux activités agricoles, résidentielles et industrielles (effluents d'élevage, lessivage des terres agricoles, eaux usées, etc.).</p>	<ul style="list-style-type: none">– Contamination– Eutrophisation

Orientations	Concepts prescrits
<p>Atmosphère</p> <p>La Terre réfléchit vers l'espace une partie de la chaleur issue du rayonnement solaire. Certains gaz présents dans l'atmosphère absorbent cette chaleur et provoquent une élévation de la température : c'est l'effet de serre. Le dioxyde de carbone est actuellement le gaz à effet de serre le plus abondant. Sa proportion a augmenté au cours du dernier siècle en raison de l'exploitation des combustibles fossiles et de la fabrication du ciment. Le méthane et d'autres gaz contribuent aussi à l'augmentation de l'effet de serre. De plus, les vents dominants favorisent la mise en circulation des contaminants introduits dans l'atmosphère. La contamination d'un biome situé à une grande distance du lieu d'émission des rejets peut donc survenir.</p> <p>Les différentes substances qui se dégagent de la combustion des carburants fossiles produisent des effets néfastes à l'échelle locale, régionale, voire mondiale. Les oxydes de soufre, de carbone et d'azote sont des gaz précurseurs d'acides; ils contribuent à l'acidification des précipitations. L'air peut également être contaminé par des particules solides et liquides en suspension (poussières, pollen, suie, fumée, gouttelettes, etc.) qui affectent les voies respiratoires.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • Vents dominants – Contamination

Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
Gro Harlem Brundtland	Commission géologique du Canada Agence de l'efficacité énergétique du Québec Ressources naturelles Canada Groupes environnementaux Recyc-Québec Environnement Canada Sociétés de conservation Conseils régionaux de l'environnement	Satellites d'observation Systèmes de positionnement global Activités de dépollution Protection de l'environnement Systèmes d'épuration des eaux Développement durable	Sommets de la Terre Protocole de Kyoto Phénomènes météorologiques Catastrophes environnementales

TABLEAU SYNTHÈSE DES CONCEPTS PRESCRITS

Univers vivant	Univers matériel	Univers de la Terre
<p>Écologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Écotoxicologie <ul style="list-style-type: none"> • Contaminant • Bioconcentration • Bioaccumulation • Seuil de toxicité 	<p>Propriétés physiques des solutions</p> <ul style="list-style-type: none"> – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Ions – Conductibilité électrique <p>Transformations physiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Dissolution – Dilution <p>Transformations chimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Précipitation – Décomposition et synthèse – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – Sels – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique <p>Organisation de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Notation de Lewis – Particules élémentaires (proton, électron, neutron) – Modèle atomique simplifié – Masse atomique relative et isotopes – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole <p>Transformations de l'énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l'énergie – Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement – Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse – Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température 	<p>Lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Horizons du sol (profil) – Capacité tampon du sol – Contamination <p>Hydrosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Contamination – Eutrophisation <p>Atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • Vents dominants – Contamination

Démarches, stratégies, attitudes et techniques

Cette section porte sur les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées par le programme. Bien qu'ils se distinguent des concepts, ces éléments contribuent tout autant au développement des compétences. Ils s'inscrivent en continuité avec les éléments de la première année du deuxième cycle.

Démarches

Quoique distinctes des concepts, les démarches contribuent tout autant au développement des compétences et méritent une attention particulière. Elles ne doivent pas être mises en œuvre isolément, mais dans des situations d'apprentissage et d'évaluation qui font appel à plusieurs d'entre elles. L'utilisation cohérente de ces démarches et leur articulation constituent une manifestation de compétence.

Cinq démarches sont présentées : les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale, empirique et de construction d'opinion. Celles qui sont propres à la technologie n'ont pas été retenues dans le contexte particulier de l'apprentissage de la science qui nous préoccupe ici.

Démarche de modélisation

La démarche de modélisation consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule mathématique, équation chimique, programme informatique ou maquette. Au fur et à mesure que progresse la démarche, le modèle se raffine et se complexifie. Il peut être valide pendant un certain temps et dans un contexte spécifique, mais, dans plusieurs cas, il est appelé à être modifié ou rejeté. Il importe également de considérer le contexte dans lequel il a été construit. Il doit posséder certaines caractéristiques, entre autres celles de faciliter la compréhension de la réalité, d'expliquer certaines propriétés de ce qu'il vise à représenter et de prédire de nouveaux phénomènes observables.

Démarche d'observation

La démarche d'observation est un processus actif qui permet d'interpréter des faits selon des critères déterminés par l'observateur ainsi que par ce qui fait consensus dans un cadre disciplinaire donné. À la lumière des informations recueillies, les élèves doivent en arriver à une nouvelle compréhension des faits qui reste toutefois tributaire du contexte dans lequel s'effectue l'observation. Par sa manière d'interpréter et d'organiser les informations, l'observateur fait une relecture du monde physique en tenant compte de ses présupposés et des schémas conceptuels qui font partie intégrante de la grille qu'il applique aux faits observés. Ainsi, toute observation repose déjà sur l'établissement d'un modèle théorique provenant de celui qui observe.

Démarche expérimentale

La démarche expérimentale implique tout d'abord la formulation de premières explications. Elle permet d'amorcer une tentative de réponse et de définir le cadre dans lequel se fera l'expérimentation. L'expérimentateur doit ensuite s'engager dans l'élaboration d'un protocole expérimental dans lequel il reconnaîtra un certain nombre de variables en vue de les manipuler. Le but du protocole sera de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses. Les interactions entre les diverses phases de la démarche expérimentale permettent de soulever de nouveaux questionnements, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de prendre en compte les limites de l'expérimentation.

Démarche empirique

La démarche empirique est une recherche de terrain sans manipulation de variables. Cette absence de manipulation n'enlève rien à sa validité méthodologique; un sondage, par exemple, est une démarche empirique qui n'a rien d'aléatoire. Les modèles intuitifs sont bien souvent à l'origine de cette démarche. Elle peut se révéler adéquate dans certaines situations puisqu'elle permet d'explorer et de se représenter les éléments d'un problème. Souvent, elle génère plusieurs idées et permet d'émettre des hypothèses et de concevoir des théories provisoires. Elle permet également de mettre au point des techniques et d'explorer des avenues possibles pour d'autres recherches.

Démarche de construction d'opinion

Lorsqu'ils sont appelés à construire leur opinion et à bâtir une argumentation relative à une problématique scientifique, les élèves doivent d'abord prendre conscience de la façon dont leurs connaissances, leurs croyances et leurs valeurs peuvent influencer leur jugement. Il importe qu'ils réalisent aussi comment l'acquisition et l'utilisation de connaissances (disciplinaires, épistémologiques et contextuelles) et d'habiletés générales peuvent contribuer à la construction d'une opinion éclairée. Comme d'autres démarches, celle-ci fait appel à l'interprétation des informations, à leur mise en relation, à la reconnaissance des idées préconçues et des présupposés, à des modes de raisonnement analogique et à la prise en compte de faits apparemment contradictoires. Elle favorise la construction d'une argumentation solide et la justification d'une conclusion. Elle permet enfin de découvrir que la recherche de plusieurs sources d'information est déterminante, que la contradiction entre plusieurs sources d'information est fréquente et mérite d'être interprétée, et que le choix d'une solution peut dépendre de plusieurs facteurs.

STRATÉGIES

Certaines stratégies, mobilisées et utilisées dans le contexte spécifique de la science, soutiennent le développement des trois compétences de la discipline.

STRATÉGIES D'EXPLORATION	STRATÉGIES D'ANALYSE
<ul style="list-style-type: none">– Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques et contextuelles éventuellement utiles pour cerner un problème ou prévoir des tendances– Évoquer des problèmes similaires déjà résolus– Généraliser à partir de plusieurs cas particuliers structurellement semblables– Anticiper les résultats d'une démarche– Élaborer divers scénarios possibles– Explorer diverses pistes de solution– Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques	<ul style="list-style-type: none">– Déterminer les contraintes et les éléments importants pour la résolution d'un problème– Diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples– Faire appel à divers modes de raisonnement (ex. inférer, induire, déduire, comparer, classier, sérier) pour traiter les informations– Raisonner par analogie pour traiter des informations et adapter ses connaissances scientifiques– Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se positionner au regard d'une problématique scientifique

ATTITUDES

L'adoption de diverses attitudes facilite l'engagement des élèves dans les démarches utilisées et leur responsabilisation par rapport à eux-mêmes et à la société. Les attitudes constituent ainsi un facteur important dans le développement des compétences.

ATTITUDES INTELLECTUELLES	ATTITUDES COMPORTEMENTALES
<ul style="list-style-type: none">- Curiosité- Sens de l'initiative- Goût du risque intellectuel- Intérêt pour la confrontation des idées- Considération de solutions originales- Rigueur intellectuelle- Objectivité- Sens du travail méthodique- Souci de précision dans la mesure- Souci d'une langue juste et précise	<ul style="list-style-type: none">- Discipline personnelle- Autonomie- Souci d'efficacité- Souci d'efficience- Persévérance- Sens du travail soigné- Sens des responsabilités- Sens de l'effort- Coopération efficace- Souci de la santé et de la sécurité- Respect de la vie et de l'environnement- Écoute- Respect de soi et des autres- Esprit d'équipe- Solidarité internationale à l'égard des grands problèmes de l'heure

TECHNIQUES

Souvent incontournables, les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en pratique de connaissances théoriques. Les techniques énumérées ci-dessous revêtent un caractère prescrit, au même titre que les concepts prescrits.

TECHNIQUES LIÉES AUX MANIPULATIONS	TECHNIQUES DE MESURE
<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire - Utilisation d'instruments d'observation - Préparation de solutions - Collecte d'échantillons 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure (étalonnage, ajustage) - Utilisation des instruments de mesure - Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, erreurs liées aux mesures)

ANNEXE A – PROBLÉMATIQUES ENVIRONNEMENTALES ET RÉSEAUX CONCEPTUELS

La présente section décrit les problématiques environnementales proposées dans ce programme. Elles constituent des enjeux sociaux dont les aspects scientifiques se prêtent bien au développement des trois compétences disciplinaires et à l'appropriation des concepts. Comme ces problématiques ne sont pas prescrites, l'enseignant peut en choisir d'autres pour mobiliser les mêmes concepts. La description de chacune d'elles est suivie d'une représentation schématique des réseaux de concepts pouvant leur être associés.

Énergie

La problématique de l'énergie est abordée principalement sous l'angle des transformations. L'énergie est présente dans l'environnement sous diverses formes dont l'exploitation implique des transformations qui ne sont pas sans conséquences sur les écosystèmes.

Alors que la transformation de certaines ressources énergétiques entraîne la production de rejets difficiles à gérer, d'autres sources d'énergie moins polluantes génèrent de faibles rendements énergétiques. L'étude de la production, de la distribution et de l'utilisation de l'énergie permet donc d'orienter les choix individuels ou collectifs au regard des formes d'énergie à privilégier.

Au Québec, cette problématique est notamment alimentée par les enjeux locaux et régionaux liés au développement de l'hydroélectricité, au déploiement de parcs éoliens, à la poursuite ou non de la filière nucléaire et au développement de sources d'énergie nouvelles telles que l'énergie de la biomasse ou encore l'énergie solaire, géothermique, marémotrice, etc.

Univers vivant

Écologie

- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique

ÉNERGIE

Univers de la Terre

Lithosphère

- Ressources énergétiques

Hydrosphère

- Ressources énergétiques

Atmosphère

- Ressources énergétiques

Univers matériel

Transformations chimiques

- Photosynthèse et respiration
- Réactions endothermique et exothermique

Organisation de la matière

- Particules élémentaires (proton, électron, neutron)
- Modèle atomique simplifié
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Ions polyatomiques
- Notion de mole

Transformations de l'énergie

- Relation entre le travail, la force et le déplacement
- Force efficace
- Relation entre le travail et l'énergie
- Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
- Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
- Relation entre l'énergie thermique, la masse, la capacité thermique massique et la température

Matières résiduelles

Dans les différentes sociétés du monde, plusieurs choses ont une valeur marchande qui s'estime ou se négocie. Les sociétés les mieux nanties consomment beaucoup. Et plus elles consomment, plus elles produisent de rejets dans l'environnement. La production de rejets par habitant est même directement proportionnelle au niveau de développement économique des pays.

Trop souvent, de vastes quantités de rejets sont gérées de façon inadéquate, dans des décharges dépourvues de mesures de sécurité à l'égard de l'environnement. Ces pratiques compromettent la santé publique et menacent l'équilibre des écosystèmes. Ainsi, les rejets dans l'environnement sont à l'origine de diverses problématiques comme le smog, l'effet de serre, les pluies acides, la contamination des sols, la bioaccumulation de contaminants, la contamination des sources d'eau potable, etc.

Les matières résiduelles ne constituent pas nécessairement des déchets dont il faut se débarrasser, mais plutôt des rejets à gérer de manière efficace. Les considérer sous cet angle conduit à une prise de conscience de la nécessité de transformer les pratiques et les habitudes actuelles dans ce domaine. Plutôt que de jeter ou de polluer, diverses solutions de rechange s'offrent à nous : réduire, réparer, recycler, réutiliser, récupérer, valoriser, éduquer (concept des « RVE »). Ces solutions sont toutes orientées vers des changements de comportements et l'utilisation de technologies appropriées.

Au Québec, plusieurs politiques ont été mises en place pour gérer les matières résiduelles. Parmi elles, la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles a notamment pour objectif de valoriser plus de 65 % des rejets produits collectivement. Pour ce faire, toutes les municipalités du Québec ont dû se doter d'un plan de gestion des matières résiduelles de manière à atteindre cet objectif.

Univers vivant

Écologie

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Écotoxicologie
 - Contaminant
 - Bioconcentration
 - Bioaccumulation
 - Seuil de toxicité

- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique

MATIÈRES RÉSIDUELLES

Univers de la Terre

Lithosphère

- Capacité tampon du milieu
- Épuisement des sols
- Contamination

Hydrosphère

- Contamination
- Eutrophisation

Atmosphère

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique
 - Vents dominants
- Contamination

Univers matériel

Transformations chimiques

- Précipitation
- Décomposition et synthèse
- Photosynthèse et respiration
- Réaction de neutralisation acidobasique
- Sels
- Balancement d'équations chimiques
- Loi de la conservation de la masse
- Stoechiométrie
- Nature de la liaison
 - Covalente
 - Ionique
- Réactions endothermique et exothermique

Propriétés physiques des solutions

- Solubilité
- Concentration (ppm, mole/L)

Transformations physiques

- Dissolution
- Dilution

Organisation de la matière

- Particules élémentaires (proton, électron, neutron)
- Modèle atomique simplifié
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Ions polyatomiques
- Notion de mole

ANNEXE B – EXEMPLES D’APPLICATIONS LIÉES AUX PROBLÉMATIQUES ENVIRONNEMENTALES

Tout comme pour les problématiques environnementales, les exemples d’objets, de systèmes, de produits et de procédés présentés ci-dessous ne sont

pas des éléments prescrits du programme. Lorsque la situation s’y prête, ils peuvent servir à contextualiser les situations d’apprentissage et d’évaluation.

Exemples d’objets, de systèmes, de produits et de procédés liés à l’énergie

Production

Centrale thermique, centrale hydraulique
Éolienne, hydrolienne
Panneau photovoltaïque
Usine marémotrice, système maréthermique

Procédé géothermique
Pile à combustible
Batteries et accumulateurs
Génératrice, alternateur

Utilisation (applications)

Appareils de radiographie, d’imagerie par résonance magnétique, d’électrothérapie, de radiothérapie, etc.
Prothèses électriques
Appareils de télécommunication (satellite, télévision, téléphone cellulaire, etc.)
Ordinateurs, systèmes informatiques
Automates programmables
Aéronef, navire, véhicule
Machines-outils

Fours
Procédés de protection des surfaces
Appareils domestiques (aspirateur, fer à repasser, coussin chauffant, séchoir à cheveux, four à micro-ondes, grille-pain, réfrigérateur, lave-vaisselle, laveuse, sècheuse, etc.)
Appareils d’éclairage, appareils électroniques
Systèmes de chauffage et de climatisation
Ascenseur
Domotique (portes automatiques, système d’alarme et de signalisation, système de sécurité incendie, etc.)

Moteurs, machines, etc.

Moteur électrique
Moteur à combustion interne, machine à vapeur, turbine
Système de cogénération
Pétrole : puits, plateforme, procédés de raffinage

Exemples d'objets, de systèmes, de produits et de procédés liés aux matières résiduelles

Air

Analyseurs de certains polluants : tube à diffusion passive, microbalance à quartz, sonde à rayons bêta
Procédé de mesure par photométrie UV, procédé de mesure par corrélation infrarouge Chromatographe
Gravimètre, baromètre, hygromètre, anémomètre
Appareils de ventilation (renouvellement de l'air intérieur)

Humidificateur, déshumidificateur
Procédés d'obtention des biocarburants (oléagineux, éthyliques, gazeux, solides)
Filtre à particules, système antipollution des gaz d'échappement d'un véhicule motorisé
Véhicules électriques, véhicules hybrides

Eau

Système d'évacuation des eaux usées
Station de traitement des eaux usées, procédés d'épuration des eaux usées (par lagunage ou filtration naturelle par des micro-organismes)
Usine de traitement de l'eau potable, procédés de purification des eaux potables (par filtration, par ébullition, par distillation, par photo-oxydation, etc.)
Pluviomètre
Cartes du réseau de collecteurs de précipitations
Canal, écluse, barrage, digue, aqueduc
Moulin à eau, château d'eau

Pompe, canons d'arrosage, arroseurs automoteurs, robinet, adoucisseur d'eau, compteur d'eau
Moyens de lutte contre la pollution par les hydrocarbures : télédétection par radar mobile (des nappes d'hydrocarbures flottant à la surface de l'eau), système de pompage, système de nettoyage à haute pression, barrages absorbants, récupérateur à brosse circulaire, récupérateur à brosses oléophiles, rouleaux oléophiles mécaniques (plage), cribleuse tractée (sable), ratisseuse (terrain)

Sols

Dépollution physico-chimique (dissolution des polluants) : procédé d'extraction par aspiration, procédé d'extraction par injection, procédé de traitement des polluants par flottaison, etc.
Dépollution biologique : procédés utilisant des bactéries
Phytorestauration (procédé de bioremédiation par les plantes)

ANNEXE C – EXEMPLES DE SITUATIONS D’APPRENTISSAGE ET D’ÉVALUATION

Histoire de pêche

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement des compétences 1 et 3, *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes scientifiques* et *Communiquer à l’aide du langage scientifique*, par l’élaboration d’un plan de remédiation pour diminuer l’acidité d’un lac.

2. Clientèle visée

Élèves inscrits au programme de science et environnement.

3. Domaine général de formation touché et axes de développement

Environnement et consommation

- Connaissance de l’environnement (par l’étude d’impacts environnementaux)
- Construction d’un environnement sain dans une perspective de développement durable (par la résolution d’un problème environnemental)

4. Description de la tâche

Amorce

Votre oncle possède une pourvoirie située en Abitibi, sur la rive du lac Long, à une vingtaine de kilomètres d’une usine de transformation minière. Il remarque que, depuis 1998, les poissons s’y font de plus en plus rares.

Après avoir consulté des spécialistes en matière d’environnement, il apprend que son lac s’est acidifié à la suite d’apports atmosphériques en SO_2 . Parmi les actions possibles qui lui sont suggérées pour améliorer la situation, il choisit la neutralisation afin de remédier temporairement au problème.

Votre oncle fait appel à vos connaissances scientifiques pour déterminer la quantité exacte de réactif qui sera nécessaire pour amener le pH du lac à la même valeur qu’en 1988.

Le tableau ci-dessous présente quelques caractéristiques du lac :

Caractéristiques	Lac Long
Volume d’eau	1,24 x 108 m ³
Aménagement des berges	Aucun (naturel)
pH de l’eau en 1988	6,5
pH de l’eau en 2008	5,5

On vous demande :

- de déterminer expérimentalement la quantité de réactif nécessaire pour obtenir la neutralisation désirée;
- d’utiliser l’équation de la réaction chimique effectuée pour calculer la masse exacte de base à épandre dans le lac;
- d’évaluer les risques environnementaux engendrés par ce traitement.

Proposition d’activités

Dans un premier temps, les élèves déterminent expérimentalement la quantité de base nécessaire pour faire varier le pH d’une solution acide de 5,5 à 6,5.

Dans un deuxième temps, ils s’appuient sur leurs résultats pour calculer la masse de réactif qui pourra neutraliser l’acidité du lac ciblé. Pour ce faire, ils transposent les résultats obtenus à l’échelle du lac, au moyen de calculs stœchiométriques.

Ils évaluent ensuite sommairement la toxicité de la solution retenue.

Quelques capsules d’enseignement peuvent être nécessaires pour aider les élèves à mieux comprendre et intégrer les concepts mobilisés.

5. Production attendue

Un plan de remédiation comprenant une évaluation sommaire des risques environnementaux potentiels.

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 1 – *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique*

- Cerner un problème
 - Utilisation ou mise en relation des concepts; formulation d'hypothèses
- Élaborer un plan d'action
 - Sélection et contrôle des variables choisies; choix de la démarche, des produits et des outils nécessaires
- Concrétiser le plan d'action
 - Vérification et mesure de l'effet d'une base choisie sur une solution acide
- Analyser les résultats
 - Traitement des données; passage de l'échelle expérimentale à l'échelle concrète; évaluation de la faisabilité de la solution proposée

Compétence 3 – *Communiquer à l'aide du langage scientifique*

- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique
 - Échanges afin de proposer des plans d'action; mise en commun de l'information en vue de la production du document exigé
- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique
 - Production du plan de remédiation (y compris l'évaluation sommaire des risques de toxicité)

7. Compétences transversales

Exercer son jugement critique; Communiquer de façon appropriée; Coopérer

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Univers matériel	Univers de la terre
<ul style="list-style-type: none"> – Concentration (mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Ions – Réaction de neutralisation acidobasique – Sels – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Ionique – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole 	Hydrosphère <ul style="list-style-type: none"> – Contamination
	Univers vivant
	<ul style="list-style-type: none"> – Écotoxicologie <ul style="list-style-type: none"> • Contaminant

Démarche

- Démarche expérimentale (sélection et contrôle des variables choisies)

9. Durée approximative

- Trois périodes de 75 minutes (excluant la rédaction du plan de remédiation)

10. Pistes d'évaluation

- Évaluation du plan de remédiation (enseignant)
- Évaluation conjointe du travail des coéquipiers

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

Le poisson, une question de choix

1. Intention pédagogique

Cette activité, qui vise le développement de la compétence *Mettre à profit ses connaissances scientifiques*, amène les élèves à choisir les espèces de poissons les plus propices à leur alimentation.

2. Clientèle visée

Élèves inscrits au programme de science et environnement.

3. Domaine général de formation touché et axes de développement

Santé et bien-être

- Connaissance des conséquences de ses choix personnels sur sa santé et son bien-être (par la sélection d'aliments sains et nutritifs)

Environnement et consommation

- Connaissance de l'environnement (par la conscience de l'interdépendance de la qualité des cours d'eau et de certaines activités humaines)
- Construction d'un environnement viable dans une perspective de développement durable (par la connaissance des impacts des activités humaines sur la santé et l'équilibre des populations de poissons)

4. Description de la tâche

Amorce

Le Guide alimentaire canadien suggère à tous de manger au moins 150 g de poisson par semaine⁸. Toutefois, choisir les meilleures espèces à consommer n'est pas si simple.

Afin de faire des choix de consommation éclairés, vous devez :

- identifier les espèces de poissons commercialisées au Québec et vous informer sur leur provenance et leur habitat;

- associer, si tel est le cas, certains enjeux environnementaux pouvant être liés de près ou de loin aux espèces ciblées (contamination, espèce protégée, impact sur la biodiversité, etc.);
- présenter, dans un court article, deux espèces de poissons à privilégier pour la consommation, en apportant pour chacune trois justifications dont deux seront de nature scientifique.

Pour aider les élèves dans leur tâche, l'enseignant pourra avoir préparé des documents de référence qui présentent divers enjeux environnementaux associés à certaines espèces de poissons : bioaccumulation des contaminants, pathologies humaines liées à la consommation de poissons contaminés, diminution des populations de morues, utilisation de filets pour la pêche au thon dans lesquels se prennent les dauphins, etc.

Proposition d'activités

En premier lieu, l'enseignant apporte des circulaires, des emballages de poisson préparés ou des extraits de films, de reportages ou d'émissions de télévision afin de familiariser les élèves avec les espèces les plus consommées au Québec.

Les élèves recueillent des informations au sujet du régime alimentaire de chacune des espèces sélectionnées, de leur habitat ainsi que des sources de contamination associées à ces deux facteurs. Ils déterminent également d'autres enjeux environnementaux liés aux espèces sélectionnées.

Au cours de ce travail, ils prennent également connaissance des conseils les plus récents des différents ministères relativement à la consommation sécuritaire de poisson⁹.

En équipes de quatre, les élèves prennent connaissance des informations disponibles, déterminent les variables qui guideront le choix du poisson à consommer et sélectionnent les espèces qu'ils conseillent d'acheter.

5. Production attendue

Un court article dans lequel l'élève suggère deux espèces de poissons à privilégier pour la consommation et fournit trois justifications de ces choix dont deux sont de nature scientifique.

8. Santé Canada, *Bien manger avec le Guide alimentaire canadien* (consulté en juin 2007). http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/food-guide-aliment/index_f.html

9. Voir la section *Ressources*.

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 2 – Mettre à profit ses connaissances scientifiques

- Situer une problématique scientifique dans son contexte
 - Recherche et compréhension des enjeux et des points de vue liés à la problématique de la contamination des aliments (poissons destinés à la consommation humaine)
- Comprendre des principes scientifiques liés à la problématique
 - Identification et compréhension des principes scientifiques liés à la bioaccumulation ainsi qu'aux conséquences de certains types de pêche sur les populations de poissons
- Construire son opinion sur la problématique à l'étude
 - Prise en compte de plusieurs ressources et de différents points de vue afin de construire et de justifier son opinion sur les espèces à privilégier pour la consommation de poisson

7. Compétences transversales

Exercer son jugement critique; Coopérer; Communiquer de façon appropriée

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Univers matériel	Univers vivant
Propriétés physiques des solutions <ul style="list-style-type: none"> – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Ions Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Décomposition et synthèse Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> – Dissolution – Dilution Organisation de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Règles de nomenclature et d'écriture 	Écologie <ul style="list-style-type: none"> – Contaminant – Bioconcentration – Bioaccumulation – Seuil de toxicité

Programme de formation de l'école québécoise

Démarche

Démarche de construction d'opinion

Sources d'information utiles

Agence canadienne d'inspection des aliments
<http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/fssaf.shtml>

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Consommation/Services/guideconsommation/>

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/guide/index.htm>

Santé Canada
http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/index_f.html

9. Durée approximative

- Deux périodes de 75 minutes (excluant la rédaction de l'article)

10. Pistes d'évaluation

- Évaluation de l'article (enseignant)
- Évaluation conjointe du travail des coéquipiers

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

ANNEXE D – RÉPARTITION DES CONCEPTS PRESCRITS DU PREMIER ET DU DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE

Parcours de formation générale appliquée UNIVERS MATÉRIEL

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
Propriétés <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité et basicité 	Propriétés de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés caractéristiques physiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique • Solubilité – Propriétés caractéristiques chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions 		Propriétés physiques des solutions <ul style="list-style-type: none"> – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Ions – Conductibilité électrique
Transformations <ul style="list-style-type: none"> – Changement physique – Changement chimique – Conservation de la matière – Mélanges – Solutions – Séparation des mélanges 	Transformations de la matière <ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques – Transformations chimiques – Formes d'énergie – Modèle particulaire 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Oxydation 	Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> – Précipitation – Décomposition et synthèse – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – Sels – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique
			Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> – Dissolution – Dilution

UNIVERS MATÉRIEL (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
<p>Organisation</p> <ul style="list-style-type: none"> – Atome – Élément – Tableau périodique – Molécule 	<p>Organisation de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes 		<p>Organisation de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Notation de Lewis – Particules élémentaires (proton, électron, neutron) – Modèle atomique simplifié – Masse atomique relative et isotopes – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole
	<p>Fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fluide compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume 	<p>Électricité et électromagnétisme</p> <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Charge électrique – Électricité statique – Loi d'Ohm – Circuits électriques – Relation entre la puissance et l'énergie électrique <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> – Forces d'attraction et de répulsion – Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique – Champ magnétique d'un solénoïde – Induction électromagnétique 	
		<p>Transformations de l'énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre la chaleur et la température 	<p>Transformations de l'énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l'énergie – Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement – Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse – Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la température

UNIVERS MATÉRIEL (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
	<p>Ondes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille 	<p>Fluides</p> <ul style="list-style-type: none"> – Principe d'Archimède – Principe de Pascal – Principe de Bernoulli <p>Forces et mouvements</p> <ul style="list-style-type: none"> – Force – Types de forces – Équilibre de deux forces – Relation entre la vitesse constante, la distance et le temps – Distinction entre la masse et le poids 	

UNIVERS VIVANT

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
<p>Diversité de la vie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Habitat – Niche écologique – Espèce – Population – Adaptations physiques et comportementales – Évolution – Taxonomie – Gènes et chromosomes 	<p>Dynamique des écosystèmes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Perturbations – Relations trophiques – Productivité primaire – Flux de matière et d'énergie – Recyclage chimique – Facteurs influençant la distribution des biomes – Écosystèmes 		<p>Écologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Écotoxicologie <ul style="list-style-type: none"> • Contaminant • Bioconcentration • Bioaccumulation • Seuil de toxicité
<p>Maintien de la vie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Caractéristiques du vivant – Cellules végétales et animales – Photosynthèse et respiration – Constituants cellulaires visibles au microscope – Intrants et extrants (énergie, nutriments, déchets) – Osmose et diffusion 	<p style="text-align: center;">SYSTÈMES FONCTION DE NUTRITION</p> <p>Système digestif</p> <ul style="list-style-type: none"> – Types d'aliments (eau, protides, glucides, lipides, vitamines, minéraux) – Valeur énergétique des aliments – Tube digestif (bouche, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus) – Transformations des aliments (mécaniques, chimiques) – Glandes digestives (glandes salivaires, glandes gastriques, pancréas, foie, glandes intestinales) <p>Systèmes circulatoire et respiratoire</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système respiratoire (fosses nasales, pharynx, trachée, bronches et poumons) – Fonctions des constituants du sang (plasma et éléments figurés) – Compatibilité des groupes sanguins – Système circulatoire (voies de circulation et types de vaisseaux) – Système lymphatique (lymphe, anticorps) <p>Système excréteur</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système urinaire (reins, uretère, vessie, urètre) – Composants de l'urine (eau, sels minéraux, urée) – Maintien de l'équilibre sanguin (reins, poumons et glandes sudoripares) 		

UNIVERS VIVANT (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
	<p style="text-align: center;">FONCTION DE RELATION</p> <p>Système nerveux et musculosquelettique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système nerveux central (encéphale, moelle épinière) – Système nerveux périphérique (nerfs) <ul style="list-style-type: none"> • Neurone (synapse, axone, dendrites) • Influx nerveux (acte volontaire, arc réflexe) – Récepteurs sensoriels (œil, oreille, peau, langue, nez) – Système musculosquelettique (os, articulations, muscles) <ul style="list-style-type: none"> • Fonction des os, articulations et muscles • Types de muscles • Types de mouvements articulaires 		
<p>Perpétuation des espèces</p> <ul style="list-style-type: none"> – Reproduction asexuée ou sexuée – Modes de reproduction chez les végétaux – Modes de reproduction chez les animaux – Organes reproducteurs – Gamètes – Fécondation – Grossesse – Stades du développement humain – Contraception – Moyens empêchant la fixation du zygote dans l’utérus – Maladies transmises sexuellement 	<p style="text-align: center;">FONCTION DE REPRODUCTION</p> <p>Système reproducteur</p> <ul style="list-style-type: none"> – Division cellulaire <ul style="list-style-type: none"> • Mitose • Méiose – Diversité génétique – Puberté (fille et garçon) – Régulation hormonale chez l’homme <ul style="list-style-type: none"> • Spermatogenèse • Érection • Éjaculation – Régulation hormonale chez la femme <ul style="list-style-type: none"> • Ovogenèse • Cycle ovarien • Cycle menstruel 		

TERRE ET ESPACE

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
<p>Caractéristiques générales de la Terre</p> <ul style="list-style-type: none"> – Structure interne de la Terre – Lithosphère – Hydrosphère – Atmosphère – Types de roches (minéraux de base) – Couches de l’atmosphère – Eau (répartition) – Air (composition) – Types de sols – Relief 	<p>Lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Ressources énergétiques 		<p>Lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Horizons du sol (profil) – Capacité tampon du sol – Contamination
<p>Phénomènes géologiques et géophysiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Plaque tectonique – Volcan – Tremblement de terre – Orogenèse – Érosion – Manifestations naturelles de l’énergie – Vents – Cycle de l’eau – Ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables 	<p>Hydrosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Ressources énergétiques 		<p>Hydrosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Contamination – Eutrophisation
	<p>Atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Masse d’air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques 		<p>Atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • Vents dominants – Contamination
<p>Phénomènes astronomiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Gravitation universelle (étude qualitative) – Système solaire – Lumière (propriétés) – Cycle du jour et de la nuit – Phases de la Lune – Éclipses – Saisons – Comètes – Aurores boréales – Impacts météoritiques 	<p>Sciences de l’espace</p> <ul style="list-style-type: none"> – Flux d’énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel) 		

UNIVERS TECHNOLOGIQUE

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
	<p>Langage des lignes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tracés géométriques – Formes de représentation (croquis, perspective et projection oblique) – Lignes de base – Échelles – Projections orthogonales (vues multiples et isométrie) – Projections axonométriques : vue éclatée (lecture) – Coupes et sections – Cotation et tolérances – Standards et représentations (schémas et symboles) 	<p>Langage des lignes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble) – Cotation fonctionnelle – Développements (prisme, cylindre, pyramide, cône) – Standards et représentations (schémas, symboles) 	
<p>Ingénierie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cahier des charges – Schéma de principe – Schéma de construction – Gamme de fabrication – Matière première – Matériau – Matériel 	<p>Ingénierie mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Liaisons types des pièces mécaniques – Fonctions types – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roues et vis sans fin) – Changements de vitesse – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) 	<p>Ingénierie mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Adhérence et frottement entre les pièces – Liaisons des pièces mécaniques (degré de liberté d'une pièce) – Fonction de guidage – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse, couple résistant, couple moteur – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) 	
<p>Systèmes technologiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système (fonction globale, intrants, procédés, extrants, contrôle) – Composantes d'un système – Fonctions mécaniques élémentaires (liaison, guidage) – Transformations de l'énergie 	<p>Ingénierie électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection – Fonctions de commandes types (levier, poussoir, bascule, commande magnétique) 	<p>Ingénierie électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé) – Fonctions de commandes types (unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel) – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme) – Autres fonctions (condensateur, diode, transistor, relais semi-conducteur) 	

UNIVERS TECHNOLOGIQUE (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement
<p>Forces et mouvements</p> <ul style="list-style-type: none"> – Types de mouvements – Effets d'une force – Machines simples – Mécanismes de transmission du mouvement – Mécanismes de transformation du mouvement 	<p>Matériaux</p> <ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (traction, compression, torsion) – Propriétés mécaniques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Alliages à base de fer • Métaux et alliages non ferreux • Matières plastiques (thermoplastiques) • Bois et bois modifiés – Cellule (composantes de la cellule, membrane cellulaire, noyau, chromosomes, gènes) 		<p>Matériaux</p> <ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (flexion, cisaillement) – Caractérisation des propriétés mécaniques – Traitements thermiques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables) • Céramiques • Matériaux composites – Modification des propriétés (dégradation, protection)
	<p>Fabrication</p> <ul style="list-style-type: none"> – Façonnage <ul style="list-style-type: none"> • Machines et outillage – Fabrication <ul style="list-style-type: none"> • Ébauchage et finition • Caractéristiques du traçage – Mesures <ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe (règle) 		<p>Fabrication</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fabrication <ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques du perçage, du taraudage et du filetage – Mesure et contrôle <ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe (pied à coulisse) • Contrôle, forme et position (plan, section, angle)
	<p>Biotechnologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Procédés <ul style="list-style-type: none"> • Pasteurisation • Fabrication du vaccin • Insémination artificielle • Culture cellulaire 		

Bibliographie

Culture scientifique et technologique

BARMA, Sylvie et Louise GUILBERT. « Différentes visions de la culture scientifique et technologique : Défis et contraintes pour les enseignants », dans HASNI, Abdelkrim, Yves LENOIR et Joël LEBEAUME (dir.). *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2006, 278 p.

CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. *La culture scientifique et technique au Québec : Un bilan, rapport de conjoncture*, Québec, gouvernement du Québec, 2002, 215 p.

HASNI, Abdelkrim. *La culture scientifique et technologique à l'école : De quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer?*, communication présentée au 70^e Congrès de l'ACFAS, Québec, Université Laval, 2002, 25 p.

THOUIN, Marcel. *Notions de culture scientifique et technologique : Concepts de base, percées historiques et conceptions fréquentes*, Québec, MultiMondes, 2001, 480 p.

Didactique de la science

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for All Americans, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 272 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 420 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Atlas of Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 165 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Designs for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 300 p.

ASTOLFI, Jean-Pierre et autres. *Pratiques de formation en didactique des sciences*, Bruxelles, De Boeck, 1997, 498 p.

CANADA, CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION. *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature*, Toronto, gouvernement du Canada, 1997, 261 p.

DE SERRES, Margot et autres. *Intervenir sur les langages en mathématiques et en science*, Montréal, Modulo, 2003, 390 p.

FOUREZ, Gérard. *Alphabétisation scientifique et technique : Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, Bruxelles, De Boeck Université, 1994, 219 p.

GIORDAN, André. *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Paris, Belin, 1999, 239 p.

GUILBERT, Louise. « La pensée critique en science : Présentation d'un modèle iconique en vue d'une définition opérationnelle », *The Journal of Educational Thought*, vol. 24, n^o 3, décembre 1990, p. 195-218.

Éducation relative à l'environnement

HADE, André. *Nos lacs : Les connaître pour mieux les protéger*, Montréal, Fides, 2003, 360 p.

SAUVÉ, Lucie. *Pour une éducation relative à l'environnement : Éléments de design pédagogique, guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs*, Montréal, Guérin, 1997, 361 p.

SAUVÉ, Lucie. *Éducation et environnement à l'école secondaire : Modèles d'intervention en éducation relative à l'environnement*, Montréal, Logiques, 2001, 311 p.

WARIDEL, Laure. *Acheter, c'est voter*, Montréal, Écosociété, 2005, 176 p.

VILLENEUVE, Claude et François RICHARD. *Vivre les changements climatiques : Réagir pour l'avenir*, Montréal, Multimondes, 2007, 400 p.

Science et technologie



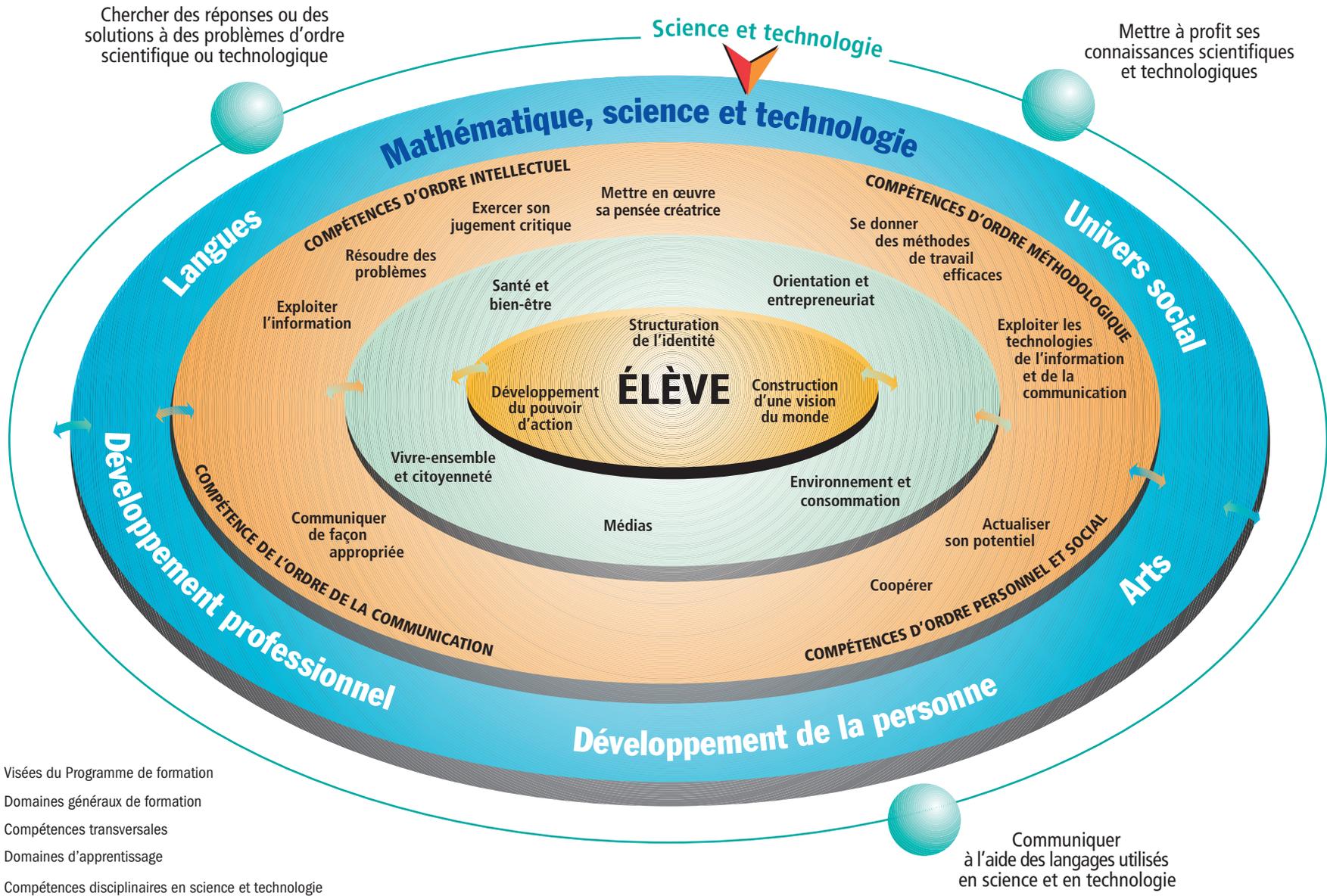
Table des matières

Science et technologie

Présentation de la discipline	1
La vision de la science et de la technologie	1
La culture scientifique et technologique	2
Le programme	2
Relations entre le programme de science et technologie et les autres éléments du Programme de formation	4
Relations avec les domaines généraux de formation	4
Relations avec les compétences transversales	5
Relations avec les autres disciplines	6
Contexte pédagogique	8
Ressources pouvant être mises à profit	8
Rôle de l'enseignant	8
Rôle de l'élève	10
Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique	12
Sens de la compétence	12
Compétence 1 et ses composantes	14
Critères d'évaluation	14
Attentes de fin de cycle	14
Développement de la compétence	15
Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques	16
Sens de la compétence	16
Compétence 2 et ses composantes	18
Critères d'évaluation	18
Attentes de fin de cycle	18
Développement de la compétence	19

Compétence 3 Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	20
Sens de la compétence	20
Compétence 3 et ses composantes	22
Critères d'évaluation	22
Attentes de fin de cycle	22
Développement de la compétence	23
Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire ..	24
Démarches, stratégies, attitudes et techniques	25
Concepts prescrits (première année du cycle)	30
Concepts prescrits (deuxième année du cycle)	48
Bibliographie	70
Annexe – Exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation	72

Apport du programme de science et technologie au Programme de formation



Présentation de la discipline

La science et la technologie jouent un rôle sans cesse grandissant dans nos vies et elles contribuent d'une façon déterminante à la transformation des sociétés. Leur influence est manifeste dans une multitude de réalisations omniprésentes dans notre environnement, et les méthodologies qui les caractérisent, aussi bien que les connaissances qu'elles ont permis de générer, s'appliquent à de nombreuses sphères de l'activité humaine.

Les activités scientifiques et technologiques s'inscrivent dans un contexte social et culturel et elles sont le fruit du travail d'une communauté qui construit de manière collective de nouveaux savoirs. En science et en technologie tout comme dans les autres domaines d'activité, l'évolution des connaissances ne se fait pas de façon linéaire et additive. Fortement marquées par les contextes sociétal et environnemental dans lesquels elles s'inscrivent, les connaissances scientifiques et technologiques avancent tantôt à petits pas, par approximations successives, tantôt par bonds. Elles connaissent parfois des périodes de stagnation auxquelles peuvent succéder des progressions spectaculaires.

L'émergence rapide des savoirs scientifiques et technologiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications exigent des individus qu'ils disposent non seulement d'un bagage de connaissances spécifiques de ces domaines, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'adapter aux contraintes du changement. Une telle adaptation nécessite de prendre du recul par rapport aux acquis, de comprendre la portée et les limites du savoir et d'en saisir les retombées. Cela suppose en outre la capacité à prendre une position critique à l'égard des questions d'ordre éthique soulevées par ces retombées.

La vision de la science et de la technologie

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers. Constituée d'un ensemble de théories, de connaissances, d'observations et de démarches,

elle se caractérise notamment par la recherche de modèles intelligibles, les plus simples possible, pour rendre compte de la complexité du monde. Ces modèles peuvent par la suite être combinés à des modèles existants qui deviennent de plus en plus englobants. Les théories et les modèles sont ainsi constamment mis à l'épreuve, modifiés et réorganisés au fur et à mesure que de nouvelles connaissances se construisent.

Quant à la technologie, elle est plus particulièrement orientée vers l'action et l'intervention. Elle vise à soutenir l'activité humaine exercée sur l'environnement, dont l'être humain est lui-même partie intégrante. Ses champs d'application couvrent toutes les sphères d'activité. Le terme *technologie* désigne de fait une grande diversité de réalisations, qui vont des plus simples aux plus sophistiquées. Parmi celles-ci, on compte aussi bien des techniques et des procédés que des outils, des machines et des matériaux. La technologie tend vers la plus grande rigueur possible dans ses réalisations et elle s'alimente aux principes et aux concepts élaborés par la science ou à ceux d'autres disciplines, selon les besoins auxquels elle cherche à répondre. Elle repose néanmoins sur des savoirs et des pratiques qui lui sont propres. Les préoccupations pragmatiques qui la caractérisent conduisent à la conception et à l'adoption de démarches spécifiques.

La science et la technologie sont de plus en plus marquées par leur interdépendance, au point que, dans un grand nombre de situations, on distingue difficilement la frontière qui les sépare. Dans son effort pour comprendre le monde qui nous entoure, la science s'appuie fréquemment sur les développements de la technologie et sur ses réalisations concrètes. Réciproquement, lorsque la technologie

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers.

La technologie, plus particulièrement orientée vers l'action et l'intervention, vise à soutenir l'activité humaine exercée sur l'environnement. Ses champs d'application couvrent toutes les sphères d'activité.

La science et la technologie sont de plus en plus marquées par leur interdépendance, au point que, dans un grand nombre de situations, on distingue difficilement la frontière qui les sépare.

s'efforce de répondre à un besoin par la réalisation d'objets techniques¹, de systèmes², de produits³ ou par l'élaboration de procédés⁴, elle tire profit des principes, des lois et des théories scientifiques, tout en leur offrant un champ d'application.

Il arrive aussi que les avancées technologiques précèdent les théories scientifiques qui en expliquent le fondement. On fabriquait depuis longtemps des boussoles quand parut la première étude moderne sur le magnétisme. Les premiers moteurs à explosion ont fonctionné sans l'aide de la thermodynamique tout comme les premiers avions

ont volé sans l'aide de l'aérodynamique. La technologie devient même, dans ce cas, un champ extrêmement fécond d'exploration et de questionnement qui relance la théorisation. Cette complémentarité entre la science et la technologie existe également dans leurs manières respectives d'aborder le monde physique, tant du point de vue conceptuel que du point de vue pratique.

Parties intégrantes des sociétés qu'elles ont contribué à façonner, la science et la technologie occupent une part importante de l'héritage culturel et constituent un facteur déterminant de développement.

La culture scientifique et technologique

Parties intégrantes des sociétés qu'elles ont contribué à façonner, la science et la technologie occupent une part importante de l'héritage culturel et constituent un facteur déterminant de développement. Aussi importe-t-il d'amener les élèves à élargir graduellement leur culture scientifique et technologique, de leur faire prendre conscience du rôle qu'une telle culture peut jouer dans leur capacité

1. Par « objet technique », on entend un objet fabriqué par opposition à un objet naturel. Il s'agit d'un objet de construction simple qui a un but utilitaire. Par exemple : un marteau ou une pince à épiler.
2. Par « système », on entend un ensemble d'éléments, plus ou moins complexes, ordonnés et en interaction. Le système permet de répondre à un besoin déterminé. Par exemple : une bicyclette, un lave-vaisselle ou un système de chauffage et de ventilation.
3. Par « produit », on entend une substance qui résulte de transformations dues à des opérations humaines. Par exemple : un produit alimentaire ou un produit de beauté.
4. Par « procédé », on désigne les moyens et les méthodes utilisés pour faire quelque chose, pour obtenir un résultat. Par exemple : des procédés techniques, industriels ou de fabrication.

à prendre des décisions éclairées et de leur faire découvrir le plaisir que l'on peut retirer de la science et de la technologie.

Les activités scientifiques et technologiques sollicitent la curiosité, l'imagination, le désir d'explorer, le plaisir d'expérimenter et de découvrir tout autant que les connaissances et le besoin de comprendre, d'expliquer, de créer et d'exécuter. À ce titre, la science et la technologie ne sont pas l'apanage de quelques initiés. La curiosité à l'égard des phénomènes qui nous entourent ainsi que la fascination pour les inventions et l'innovation en science et en technologie nous interpellent tous à des degrés divers.

L'histoire de la science et de la technologie est partie prenante de cette culture et doit être mise à contribution. Elle permet de mettre en perspective les découvertes scientifiques de même que les innovations technologiques et d'enrichir la compréhension que l'on en a.

Diverses ressources peuvent être mises à profit. Les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ou plusieurs autres ressources communautaires constituent autant de sources où puiser pour accroître et enrichir sa culture scientifique et technologique.

Le programme

Le programme préconise un enseignement où la science et la technologie sont abordées selon quatre perspectives. La perspective que l'on qualifie de technocratique aborde l'enseignement sous l'angle de l'expertise scientifique. La perspective démocratique se soucie plutôt de développer l'expertise citoyenne. La perspective humaniste vise le développement du potentiel intellectuel tandis que la perspective utilitariste s'oriente vers l'utilisation de la science et de la technologie au quotidien.

Ce programme regroupe en une seule discipline plusieurs champs disciplinaires, à savoir l'astronomie, la biologie, la chimie, la géologie, la physique et la technologie. Ce regroupement est notamment motivé par le besoin fréquent de faire appel aux contenus et aux méthodes de plusieurs de ces champs pour résoudre des problèmes ou

Ce programme regroupe en une seule discipline plusieurs champs disciplinaires, à savoir l'astronomie, la biologie, la chimie, la géologie, la physique et la technologie.

pour construire son opinion au regard de grandes problématiques scientifiques et technologiques.

Dans le prolongement des programmes du primaire et du premier cycle du secondaire, il cible le développement des trois mêmes compétences :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique;
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques;
- Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Étroitement liées, ces compétences se rattachent à des dimensions complémentaires de la science et de la technologie : les aspects pratiques et méthodologiques; les aspects théoriques, sociohistoriques et environnementaux; et les aspects relatifs à la communication. Bien que les intentions globales qui en émergent soient sensiblement les mêmes qu'au primaire et qu'au premier cycle du secondaire, les exigences relatives à leur développement sont de plus en plus élevées.

La première compétence met l'accent sur la méthodologie utilisée en science et en technologie pour résoudre des problèmes. Elle est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches où la manipulation occupe une place centrale.

L'élève est appelé à se poser des questions, à résoudre des problèmes et à trouver des solutions en observant, en manipulant, en mesurant, en expérimentant et en construisant, que ce soit dans un laboratoire, dans un atelier ou sur le terrain.

La deuxième compétence met l'accent sur la conceptualisation et sur le réinvestissement des apprentissages en science et en technologie, notamment dans des problématiques de la vie quotidienne. Elle implique aussi une réflexion sur la nature même des savoirs scientifiques et technologiques, leur évolution et leurs multiples retombées, particulièrement sur le plan sociétal et environnemental.

Les trois compétences se développent et s'évaluent en interaction et non de manière isolée et séquentielle.

L'élève est amené à s'appropriier les concepts qui permettent de comprendre diverses problématiques et d'analyser le fonctionnement d'objets et de systèmes technologiques. Ces concepts sont abordés en tant qu'éléments utiles pour comprendre le monde et porter des jugements éclairés. Ils ne sont pas étudiés de manière isolée, mais dans leurs interrelations, en fonction des problèmes à résoudre ou des objets et des systèmes à concevoir ou à analyser.

La troisième compétence fait appel aux divers langages propres à la discipline et essentiels au partage d'information, de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique ou technologique. Elle postule non seulement la connaissance d'une terminologie et d'un symbolisme spécialisés, mais aussi leur utilisation judicieuse, notamment par l'adaptation du discours aux interlocuteurs ciblés.

L'élève participe activement à des échanges en faisant appel aux langages propres à la science et à la technologie, conformément aux règles et aux conventions établies. Afin d'en comprendre les enjeux, il construit son argumentation et exprime son point de vue.

Les trois compétences se développent et s'évaluent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. L'appropriation des démarches utilisées en science et en technologie demande en effet que l'on connaisse et mobilise

les concepts et les langages qui y correspondent. Elle s'effectue dans les divers contextes qui contribuent à leur donner sens et portée.

Ces compétences sont indissociables des objets d'étude privilégiés par le programme. Provenant de divers champs disciplinaires, ces éléments sont

regroupés en quatre univers : l'univers vivant; l'univers matériel; la Terre et l'espace; et l'univers technologique. Chacun d'eux, présenté dans la section *Contenu de formation*, fournit des ressources essentielles au développement des compétences.

Relations entre le programme de science et technologie et les autres éléments du Programme de formation

Le programme de science et technologie présente de nombreuses relations avec les autres éléments du Programme de formation, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales, le programme de mathématique et les autres domaines d'apprentissage.

Relations avec les domaines généraux de formation

Les problématiques associées aux domaines généraux de formation trouvent un écho important dans les enjeux et les défis liés aux découvertes et aux réalisations d'ordre scientifique ou technologique, plus particulièrement dans leurs répercussions sur la santé, le bien-être, l'environnement et l'économie.

Santé et bien-être

Les nombreuses interrogations liées à la santé, au bien-être et à la sexualité des adolescents bénéficient largement des savoirs acquis dans cette discipline. Ceux-ci contribuent de façon significative à l'exploitation de ce domaine général de formation, par exemple en offrant aux élèves la possibilité de mieux connaître leur corps et en les incitant à adopter de saines habitudes de vie. Songeons notamment aux principes biochimiques et énergétiques de la nutrition et des divers produits qui s'y rattachent, aux principes toxicologiques liés à la consommation de cigarettes ou aux principes biomécaniques relatifs à l'adoption d'une bonne posture. Quant aux développements technologiques dans le domaine de la santé, ils constituent autant de sujets susceptibles d'alimenter des situations d'apprentissage et d'évaluation.

Les domaines généraux de formation nomment les grands enjeux contemporains. Par leur manière spécifique d'aborder la réalité, les disciplines scolaires apportent un éclairage particulier sur ces enjeux, supportant ainsi le développement d'une vision du monde élargie.

Environnement et consommation

Les savoirs scientifiques et technologiques contribuent à sensibiliser les jeunes à des questions liées à leur environnement, comme l'exploitation des ressources naturelles, les impacts de certaines réalisations humaines, la gestion des déchets, la richesse des différents milieux de vie, les enjeux éthiques associés aux biotechnologies, la complexité des changements climatiques et la biodiversité. Plusieurs avancées de la science et de la technologie ont entraîné des habitudes de consommation qui ont des conséquences diverses sur l'environnement. Par exemple, si l'on opte pour l'analyse d'une centrale hydroélectrique ou la conception d'une éolienne, on en étudiera les impacts d'ordre social, éthique, économique ou environnemental. Il convient aussi d'amener les élèves à prendre conscience de ces enjeux, à s'interroger sur leurs propres habitudes de consommation et à adopter un comportement responsable à cet égard.

Médias

Que ce soit pour s'informer, apprendre ou communiquer, les élèves ont recours aux différents médias qui sont déjà très présents dans leur quotidien. Dans leur quête d'information, ils apprennent à devenir critiques à l'égard des renseignements qu'ils obtiennent. Ils s'approprient le matériel et les codes de communication médiatiques; ils constatent graduellement l'influence des médias dans leur vie quotidienne et dans la société. Ces ressources devraient être largement exploitées par l'enseignant. Les films, les journaux et la télévision traitent de sujets de nature scientifique ou technologique qui présentent de multiples liens possibles avec le quotidien des élèves. Par ailleurs, l'intérêt,

voire l'engouement, pour plusieurs appareils permettant la diffusion de l'information, tels que la radio, la télévision, l'ordinateur, le téléphone cellulaire ou encore les satellites de communication, peut être exploité pour contextualiser les apprentissages et accroître la motivation des élèves.

Orientation et entrepreneuriat

Les diverses activités que les élèves sont appelés à réaliser dans le cadre de ce programme sont autant d'occasions de les amener à mieux comprendre le travail du scientifique ou du technologue et à s'y intéresser pour leur orientation personnelle.

Plusieurs savoirs de nature scientifique ou technologique s'avéreront utiles dans de nombreux secteurs d'emploi. L'enseignant peut aider les élèves à en prendre conscience et à mesurer leur intérêt pour ces secteurs et leur aptitude à s'engager dans des professions qui s'y rattachent. De telles prises de conscience sont particulièrement importantes au deuxième cycle du secondaire, puisque les élèves sont appelés à préciser leur cheminement scolaire et professionnel.

Vivre-ensemble et citoyenneté

La culture scientifique et technologique que les élèves acquièrent graduellement se traduit par de nouvelles représentations de certains enjeux sociétaux, ce qui peut améliorer la qualité de leur participation à la vie de la classe, de l'école ou de la société dans son ensemble. L'organisation d'une campagne de sensibilisation à une saine nutrition ou l'aménagement écologique de l'école offrent des canevas de situations qui aident les élèves à faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable.

Relations avec les compétences transversales

L'appropriation d'une culture scientifique et technologique, telle qu'elle est proposée dans ce programme, s'opère par le développement des compétences disciplinaires qui font appel à l'ensemble des compétences transversales tout en permettant de les développer.

Les compétences transversales ne se construisent pas dans l'abstrait; elles prennent racine dans des contextes d'apprentissage spécifiques, le plus souvent disciplinaires.

Compétences transversales d'ordre intellectuel

Les compétences d'ordre intellectuel jouent un rôle de premier plan dans le développement et l'exercice des compétences en science et en technologie. Ainsi, la quête de réponses à des questions d'ordre scientifique ou la recherche de solutions à des problèmes d'ordre technologique exigent des élèves qu'ils exploitent l'information de façon judicieuse et se questionnent quant à la crédibilité des sources. Cela les amène aussi à développer des habiletés en matière de résolution de problèmes et à les adapter à la nature

particulière de contextes divers. Considérer plus d'une manière de concevoir et de réaliser un objet technique ou un système, élaborer et mettre en œuvre un plan d'action pour résoudre un problème, tenir compte de positions divergentes au regard d'une problématique scientifique ou technologique représentent autant de façons de mettre en œuvre leur pensée créatrice.

La société actuelle n'est pas à l'abri de la présence des pseudo-sciences. Les élèves doivent donc apprendre à exercer leur jugement critique, entre autres lorsqu'ils analysent, même sommairement, certaines publicités, certains discours à prétention scientifique ou encore certaines retombées de la science et de la technologie. Il leur faut conserver une distance critique à l'égard des influences médiatiques, des pressions sociales de même que des idées reçues et faire la part des choses, notamment entre ce qui est validé par la communauté scientifique et ce qui ne l'est pas.

Compétences transversales d'ordre méthodologique

Le souci de rigueur associé aux diverses démarches propres à ce programme contraint les élèves à se donner des méthodes de travail efficaces. Ils apprennent aussi à respecter les normes et les conventions que nécessitent certaines de ces démarches.

L'essor des technologies de l'information et de la communication a largement contribué aux récentes avancées dans le monde de la science et de la technologie. Le fait que les élèves aient à recourir à divers outils technologiques (sondes connectées à des interfaces d'acquisition de données, dessin assisté par ordinateur, logiciels de simulation, etc.) dans l'expérimentation et la

résolution de problèmes scientifiques ou technologiques favorise le développement de leur compétence à exploiter les technologies de l'information et de la communication. La participation à une communauté virtuelle, par exemple se joindre à un forum de discussion ou à une visioconférence, pour partager de l'information, échanger des données, recourir à des experts en ligne, communiquer les résultats de leur démarche et les confronter à ceux de leurs pairs est une autre façon de mettre cette compétence à profit et de la développer.

Compétences transversales d'ordre personnel et social

Lorsqu'ils considèrent des hypothèses ou des solutions, qu'ils passent de l'abstrait au concret ou de la décision à l'exécution, les élèves s'ouvrent à l'étendue des possibilités qui accompagnent l'action humaine. Ils envisagent une plus grande diversité d'options et acceptent de prendre des risques. Avec le temps, ils apprennent à se faire confiance, ils tirent profit de leurs erreurs et ils découvrent des moyens d'actualiser leur potentiel.

Le développement des savoirs technologiques et scientifiques appelle par ailleurs à la coopération, puisqu'il repose largement sur le partage d'idées ou de points de vue, la validation par les pairs ou par des experts et la collaboration à diverses activités de recherche et d'expérimentation ou de conception et de fabrication.

Compétence transversale de l'ordre de la communication

L'appropriation de concepts et celle, indissociable, des langages propres à la science et à la technologie concourent au développement de la compétence des élèves à communiquer de façon appropriée. Les élèves doivent non seulement découvrir graduellement les codes et les conventions de ces langages, mais également apprendre à en exploiter les divers usages.

Relations avec les autres disciplines

Dans une perspective de formation intégrée, il importe de ne pas dissocier les apprentissages réalisés en science et en technologie de ceux qui sont réalisés dans d'autres domaines d'apprentissage. Toute discipline se définit, en partie du moins, par le regard particulier qu'elle porte sur le monde. Elle

peut dès lors s'enrichir de l'apport complémentaire d'autres disciplines et elle contribue à les enrichir à son tour.

Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie

La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique et technologique. D'une part, elle présente un ensemble de connaissances dans lequel la science et la technologie puisent abondamment. Ainsi, les élèves qui entreprennent une démarche scientifique ou technologique sont souvent amenés à mesurer, à dénombrer, à calculer des moyennes, à appliquer des notions de géométrie, à visualiser dans l'espace et à choisir divers modes de représentation. Dans la conception d'objets techniques ou de systèmes technologiques, la mathématique est souvent utile, notamment pour aider les élèves à modéliser les relations qui existent entre certaines variables déterminantes. De plus, par le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels elle recourt, la mathématique offre un langage rigoureux dont peuvent tirer profit la science et la technologie.

D'autre part, la mathématique sollicite le développement de compétences axées sur le raisonnement, la résolution de problèmes et la communication, car elles présentent une parenté avec celles qui sont au cœur du programme de science et technologie. Leur exercice conjoint ne peut que favoriser le transfert et s'avère particulièrement propice au développement des compétences transversales, notamment celles d'ordre intellectuel. La science et la technologie contribuent en outre à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme la notion de variable, les relations de proportionnalité, les principes de la géométrie ou les concepts associés aux statistiques.

Domaine des langues

Le domaine des langues fournit aux élèves des outils essentiels au développement de leurs compétences scientifiques et technologiques. L'analyse et la production de textes à l'oral ou à l'écrit ont en effet un rapport étroit avec la compétence *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*.

Qu'il s'agisse de lire ou d'écrire des textes variés ou encore de communiquer oralement, les compétences développées dans le cours de français sont essentielles pour interpréter des informations de manière pertinente, pour

décrire ou expliquer un phénomène et pour justifier certains choix méthodologiques. De son côté, le vocabulaire scientifique et technologique, très varié et souvent inédit, contribue à l'enrichissement du langage.

La langue anglaise est très répandue dans les communications scientifiques et technologiques à l'échelle internationale. La connaître constitue un atout. L'atteinte d'un niveau minimal de compétence en anglais s'avère donc indispensable, tant pour comprendre les consignes d'assemblage de certains objets techniques que pour participer à une communauté virtuelle ou à des activités pancanadiennes ou internationales, telle une expo-sciences. De plus, les élèves qui maîtrisent cette langue ont accès à des sources de renseignements beaucoup plus nombreuses et diversifiées.

Domaine de l'univers social

L'étude des avancées scientifiques et des développements technologiques peut éclairer notre compréhension de l'histoire des sociétés, puisque les problématiques auxquelles ces contributions visaient à répondre à divers moments dans le temps étaient inscrites dans des réalités sociales particulières, souvent complexes et diversifiées. En retour, la perspective historique permet de remettre en contexte ces avancées et ces développements et d'en mesurer l'ampleur. Se tourner vers le passé peut également apporter des réponses à des questions portant sur l'origine de certaines explications scientifiques ou réalisations technologiques.

Domaine des arts

La science et la technologie tirent profit de l'exercice de la créativité à laquelle les disciplines artistiques concourent largement. Certaines démarches particulières à ce programme présentent en effet des liens avec la dynamique de la création commune aux quatre programmes du domaine des arts. C'est le cas, entre autres, de la résolution de problèmes, qui fait appel à la créativité.

La réalité se laisse rarement cerner selon des logiques disciplinaires tranchées. C'est en reliant les divers champs de connaissance qu'on peut en saisir les multiples facettes.

La science et la technologie apportent en retour une importante contribution à ces disciplines. Par exemple, une bonne compréhension du fonctionnement du corps humain permet le développement de techniques particulières et l'amélioration des performances en danse. De même, la compétence de production et de transmission de messages à caractère scientifique et technologique touche particulièrement la compétence de création d'images médiatiques du programme d'arts plastiques.

Domaine du développement de la personne

En raison des multiples questions d'ordre éthique qui y sont abordées, ce programme bénéficie également des réflexions menées en éthique et culture religieuse. Par exemple, le phénomène de la fécondation *in vitro* par la production d'embryons surnuméraires soulève de nombreux enjeux éthiques comme celui de leur utilisation ou celui de la santé des femmes.

Des liens intéressants peuvent aussi être tissés avec le programme d'éducation physique et à la santé. Ainsi, l'étude de la biomécanique et des divers principes associés à l'activité physique permet de mieux saisir leur apport à l'amélioration de la performance sportive. De plus, les notions de saine alimentation, de gestion de l'énergie, de besoin énergétique corporel, d'endurance cardiovasculaire ou de santé/sécurité renvoient à des préoccupations communes aux deux programmes.

Le programme de science et technologie se prête donc fort bien à la mise en œuvre d'activités interdisciplinaires. C'est en effet du regard croisé des différents domaines d'apprentissage qui composent le Programme de formation de l'école québécoise que peut émerger la formation la plus complète, la plus adéquate et la plus susceptible d'offrir aux jeunes la meilleure prise sur les réalités du *xxi*^e siècle.

Contexte pédagogique

Le programme de science et technologie mise sur la participation active des élèves, qui sont appelés à faire preuve d'initiative, de créativité et d'autonomie, mais aussi d'esprit critique et de rigueur. Les compétences et les connaissances se construisent dans le cadre de situations d'apprentissage et d'évaluation associées au thème *L'humain, un organisme vivant*, en première année du cycle, et aux quatre problématiques environnementales à l'étude en deuxième année.

Les compétences et les connaissances se construisent dans le cadre de situations d'apprentissage et d'évaluation liées au thème L'humain, un organisme vivant en première année du cycle et aux problématiques environnementales proposées en deuxième année.

Ressources pouvant être mises à profit

Le développement de compétences fait appel à de multiples ressources internes ou externes. Elles sont de plusieurs types : personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles et humaines. Les ressources personnelles font référence aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes ou aux techniques. On parle de « ressources conceptuelles » pour désigner spécifiquement celles qui font appel aux connaissances provenant de disciplines variées. Les ressources informationnelles comprennent les manuels et documents divers ou tout autre élément pertinent pour la recherche d'information. La catégorie des ressources matérielles comprend notamment les instruments, les outils ou les machines. Les objets usuels de toutes sortes en font également partie. Quant aux ressources institutionnelles, elles sont constituées d'organismes publics ou parapublics tels que les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. Ce sont des richesses à exploiter pour favoriser le développement d'une culture scientifique et technologique.

Les enseignants constituent les ressources humaines les plus immédiatement accessibles. Tout comme les techniciens en travaux pratiques, ils sont indispensables sur plusieurs plans, notamment sur celui de la sécurité au laboratoire et à l'atelier. Leur apport peut être complété par celui d'ensei-

gnants d'autres disciplines ou de différents experts, qui pourront apporter des idées ingénieuses ou collaborer à la construction des situations d'apprentissage et d'évaluation.

Rôle de l'enseignant

Le rôle de l'enseignant est multiple. Une pédagogie orientée vers le développement de compétences fait appel autant à l'expertise pédagogique et disciplinaire qu'à la créativité et au jugement professionnel. Il lui revient de proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement de compétences, d'ajuster ses interventions dans une perspective de différenciation des apprentissages et de choisir les stratégies pédagogiques les plus susceptibles de répondre aux besoins des élèves.

L'enseignant propose des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement de compétences, ajuste ses interventions dans une perspective de différenciation et choisit des stratégies pédagogiques susceptibles de répondre aux besoins des élèves.

Assurer le développement des compétences

Les situations d'apprentissage et d'évaluation que propose l'enseignant doivent lui permettre de porter un jugement sur le développement des compétences à la fin de chacune des années du cycle. Pour y parvenir, il doit en varier la complexité d'une année à l'autre en s'appuyant sur certains paramètres qui les caractérisent.

Ces paramètres sont présentés sous forme de tableaux à la fin de chacune des sections traitant des compétences disciplinaires, sous la rubrique *Développement de la compétence*.

Telles qu'elles sont définies dans le Programme de formation de l'école québécoise⁵, les compétences peuvent se développer selon trois aspects – la mobilisation en contexte, la disponibilité de ressources et le retour réflexif – qui permettent du même coup de cibler les paramètres des situations

5. Se référer au chapitre 1, p. 12.

proposées aux élèves. Le contexte d'action apporte des précisions au regard de certains paramètres liés aux tâches qui composent la situation d'apprentissage. La section sur les ressources propose quelques pistes concernant la mobilisation des ressources personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles ou humaines. Enfin, la section sur le retour réflexif présente des consignes destinées à soutenir le développement d'habiletés métacognitives chez les élèves.

Ces paramètres, jugés propices au développement des compétences, doivent être pris en considération pour élaborer des situations d'apprentissage et d'évaluation stimulantes, qui présenteront des défis réalistes, sans trop d'embûches, tout en conservant une exigence de rigueur.

Construire des situations d'apprentissage et d'évaluation significatives et adaptées aux exigences du programme

Des situations contextualisées, ouvertes et intégratives

Pour conférer plus de sens aux apprentissages et favoriser l'intégration des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être, il convient d'avoir recours à des situations d'apprentissage et d'évaluation contextualisées, ouvertes et intégratives.

Une situation d'apprentissage et d'évaluation est contextualisée dans la mesure où elle s'inspire des questions de l'actualité, des réalisations scientifiques et technologiques liées au quotidien des élèves ou des grands enjeux de l'heure, comme les changements climatiques.

Une situation d'apprentissage et d'évaluation est ouverte lorsqu'elle présente des données de départ susceptibles de mener à différentes pistes de solution. Ces données initiales peuvent être complètes, implicites ou superflues. Certaines peuvent faire défaut et nécessiter une recherche qui débouchera sur de nouveaux apprentissages.

Une situation intégrative fait appel à des concepts provenant d'univers différents. Par exemple, une situation traitant de la problématique associée à la construction d'une centrale thermique se prête à l'intégration de savoirs et de savoir-faire dans la mesure où l'enseignant incite les élèves à mobiliser des savoirs issus de l'univers technologique (ex. analyse d'un système de production d'énergie), de l'univers vivant (ex. conséquences de l'effet de

serre sur la biodiversité) et de l'univers matériel (ex. production et transformation d'énergie). Une situation d'apprentissage et d'évaluation n'est totalement intégrative que lorsqu'elle fait appel à des savoirs, théoriques et pratiques, de diverse nature.

Des situations complexes, adaptées aux exigences du programme

Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent permettre de développer tous les aspects de la compétence visée. Dans le cadre de ce programme, elles font référence à des problématiques liées aux thèmes à l'étude. Les élèves doivent être incités à prendre des décisions, à construire leur opinion au regard des problématiques scientifiques ou technologiques ou à s'engager dans des démarches plus pratiques comme l'expérimentation ou la conception.

Pour concevoir ces situations, l'enseignant s'efforcera, aussi souvent que possible, de tenir compte des particularités de l'école ou de mettre en cause des questions d'actualité s'inscrivant dans un axe de développement d'un domaine général de formation. Il veillera aussi à accorder une place importante à la manipulation concrète et au respect des règles de sécurité.

Pour favoriser le développement de la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*, l'enseignant doit proposer aux élèves des situations d'apprentissage et d'évaluation qui suscitent leur engagement dans la résolution de problèmes faisant appel à une démarche expérimentale ou de conception. Ces situations comportent donc des manipulations. Elles peuvent aussi nécessiter des démarches de modélisation et d'observation ainsi qu'une démarche empirique.

Les problèmes soumis aux élèves doivent les amener à développer la compétence *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques*. En choisissant une problématique complexe, l'enseignant peut proposer des tâches variées qui rejoignent divers styles d'apprentissage. Différentes stratégies pédagogiques utilisées dans le cadre d'une résolution de problèmes, comme l'approche par problèmes, l'étude de cas, la controverse ou le projet,

Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent permettre de développer tous les aspects d'une compétence visée. Dans le cadre de ce programme, elles font référence à des problématiques liées aux thèmes à l'étude.

peuvent se prêter au développement d'une approche réflexive, dans la mesure où on y contraint les élèves à se poser des questions et à prendre du recul à l'endroit de leur démarche. L'analyse de données ou d'informations permet aux élèves de poursuivre le développement de leurs habiletés cognitives dans des situations de plus en plus complexes.

Afin de soutenir le développement de la compétence *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*, l'enseignant doit proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui demandent de choisir un mode de présentation approprié, d'utiliser un vocabulaire scientifique et technologique adéquat à l'oral comme à l'écrit et d'établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques. À tout moment, l'enseignant doit mettre l'accent sur la qualité de la langue, que ce soit lors d'une présentation orale, de la schématisation d'un objet technique ou d'un système, de la rédaction d'un rapport technique ou de laboratoire ou encore d'une réflexion sur les impacts de la science et de la technologie.

En travaillant les trois compétences en interrelation, l'enseignant peut choisir de mettre l'accent sur l'une ou l'autre d'entre elles et d'y accorder, par le fait même, une plus grande attention.

Accompagner les élèves dans le développement de leurs compétences

L'enseignant suscite le questionnement et balise le cheminement des élèves en tenant compte des aspects de la démarche sur lesquels il veut les amener à travailler plus particulièrement (par exemple, la construction d'un modèle, la conception d'un prototype⁶, la formulation d'une première explication, le concept de variable, la notion de mesure, la représentation des résultats). Si les situations sont ouvertes quant aux moyens à prendre, elles n'en constituent pas moins un cadre rigoureux comportant une tâche à réaliser, un but à atteindre et certaines ressources à mobiliser. Dans le cadre de la conception d'un prototype, il est prévu que le cahier des charges soit fourni par l'enseignant. Il est également possible d'utiliser des gabarits préparés à l'avance pour faciliter certaines opérations d'usinage exécutées par les élèves. L'ensei-

gnant ne doit pas hésiter à adapter la tâche au niveau de compétence de ses élèves. Il donne des explications au besoin, répond à des questions, propose des pistes de solution, encadre de manière plus soutenue les élèves les moins autonomes et s'assure du respect des règles de sécurité en laboratoire ou en atelier. Par ailleurs, il est important que chacun tire profit de ses erreurs en comprenant qu'elles sont rarement dues au hasard.

L'enseignant doit offrir un encadrement souple aux élèves, mais il doit aussi les inciter à la rigueur. À tout moment, il s'assure qu'ils ne sont pas submergés par la quantité d'informations à traiter et soutient autant la sélection des données pertinentes pour la tâche ou la résolution du problème que la recherche de nouvelles données.

L'enseignant demeure toujours une référence importante pour les élèves. C'est particulièrement vrai en ce qui a trait à la régulation des apprentissages et aux interventions collectives en classe. Ces dernières peuvent devenir des temps forts au cours desquels il recadre les apprentissages notionnels et fait ressortir les liens entre les acquis récents des élèves et leurs connaissances antérieures. Il est également convié à jouer un rôle actif au moment d'effectuer des retours réflexifs ou d'élaborer une synthèse avec tous les élèves.

Les exemples présentés en annexe illustrent des situations d'apprentissage et d'évaluation associées aux thèmes proposés. Ces situations devraient permettre aux élèves de donner un sens à leurs apprentissages et de s'approprier des concepts de la discipline dans un contexte où leur usage s'avère pertinent. Elles établissent plusieurs liens avec les intentions éducatives des domaines généraux de formation de même qu'avec les apprentissages visés par d'autres disciplines. Enfin, elles rendent possible l'exercice de compétences aussi bien transversales que disciplinaires. Les intentions pédagogiques qui y sont poursuivies déterminent le nombre et la nature des liens qui seront exploités.

6. Par « prototype », on entend ici tout objet ou appareil construit pouvant constituer le premier exemplaire d'une éventuelle production en série. Il peut s'agir d'un prototype de conception, de fabrication, de production, d'expérimentation ou d'essai.

Rôle de l'élève

Les élèves doivent s'engager activement dans le développement de leurs compétences. Pour ce faire, ils utilisent de multiples ressources internes

Chaque élève est responsable de son apprentissage et doit s'engager activement dans le développement des compétences en mobilisant de multiples ressources.

(connaissances antérieures, habiletés, stratégies, attitudes et techniques). Si cela est nécessaire, ils cherchent des informations variées, sélectionnent les ressources matérielles utiles à leur démarche d'apprentissage ou font appel à des ressources humaines de leur environnement immédiat. Dans certains cas, il peut être intéressant pour les élèves de sortir du cadre familial ou scolaire. Les industries, les experts, les musées leur permettent de s'ouvrir au monde extérieur et de considérer d'autres points de vue.

Lorsqu'ils utilisent des instruments, des outils ou des machines, les élèves doivent être conscients des normes de sécurité et faire preuve de prudence lors des manipulations en laboratoire et en atelier. Dans le doute, ils doivent faire appel à leur enseignant ou au technicien en travaux pratiques afin de s'assurer que leurs interventions sont sécuritaires ou qu'ils utilisent adéquatement le matériel mis à leur disposition. Il est également important qu'ils soient en mesure de recourir aux techniques appropriées lorsqu'ils exécutent leur plan d'action.

Enfin, qu'ils aient à réaliser un plan, à rédiger un rapport de recherche, à formuler des questions ou à proposer des explications ou des solutions, ils doivent réfléchir à la façon dont ils communiqueront le fruit de leur travail ou partageront leur opinion et doivent s'exprimer dans un langage scientifique et technologique approprié. Ils devraient être en mesure d'expliquer et de justifier les étapes de leur démarche à la lumière de leur analyse de la situation.

COMPÉTENCE 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

Sens de la compétence

La science et la technologie se caractérisent notamment par la rigueur de leurs démarches de résolution de problèmes. Dans tous les cas, ces problèmes comportent des données initiales, un but à atteindre ainsi que des spécifications servant à en préciser la nature, le sens et l'étendue. Le fait de chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique implique le recours à divers modes de raisonnement ainsi qu'aux démarches associées à ce programme. Celles-ci mobilisent des stratégies d'exploration ou d'analyse et nécessitent créativité, méthode et persévérance. Apprendre à recourir à ces démarches et à les articuler avec pertinence permet de mieux comprendre la nature de l'activité scientifique et technologique.

Bien qu'elles reposent sur des procédés rigoureux, ces démarches ne sont pas à l'abri des erreurs et peuvent faire appel au tâtonnement. Aussi s'accompagnent-elles d'une prise de conscience et d'une réflexion sur les actions, de même que d'un questionnement visant à valider le travail en cours et à effectuer les ajustements nécessaires en fonction des buts fixés ou des choix effectués. Le résultat atteint soulevant parfois de nouveaux problèmes, les acquis sont toujours considérés comme provisoires et s'inscrivent dans un processus continu de recherche et d'élaboration de nouveaux savoirs.

Au deuxième cycle du secondaire comme au premier, un élève compétent dans la recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique doit savoir mettre en œuvre plusieurs de ces démarches pour résoudre des problèmes qui, dans certains cas, sont relativement complexes. Au premier cycle, on apprend à distinguer la démarche expérimentale de la démarche technologique de conception : l'accent est mis sur leurs spécificités respectives, sur les objectifs distincts qu'elles poursuivent, mais aussi sur

leur complémentarité. Au deuxième cycle s'ajoutent de manière plus explicite la démarche d'observation, la démarche de modélisation et la démarche empirique. On vise alors leur intégration à plus ou moins long terme au sein d'une même recherche de réponses et de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.

Rarement simples, les problèmes de départ sont généralement abordés sous un angle scientifique. Ils soulèvent de nombreuses questions plus spécifiques qui peuvent être regroupées en sous-problèmes, chacun renvoyant à des principes scientifiques ou à des procédés technologiques particuliers.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'un ordre ou de l'autre repose sur un **processus dynamique et non linéaire**. Cela exige de l'élève qu'il circule entre les différentes phases de la résolution d'un problème et qu'il mobilise démarches, stratégies, techniques, principes et concepts appropriés. L'articulation de ces ressources suppose que l'on soit aussi en mesure de les adapter en tenant compte de la situation et de son contexte.

La résolution d'un problème commence toujours par la construction de sa représentation à partir d'indices significatifs et d'éléments jugés pertinents. Cette première représentation, parfois peu développée, pourra exiger plusieurs ajustements ultérieurs. En effet, la réalisation de nouveaux apprentissages, le recours à des informations ou à des connaissances antérieures qui n'avaient pas encore été prises en compte, des échanges d'idées avec les pairs ou l'enseignant, l'obtention de résultats expérimentaux imprévus donnent souvent lieu à des reformulations plus précises et plus proches du but à atteindre. La représentation initiale d'un problème peut donc être modifiée tout au long du processus. Il arrive aussi que cette représentation soit élaborée dès le départ grâce à un solide bagage de connaissances spécifiques.

La première compétence est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches où la manipulation occupe une place centrale.

Sur la base de la représentation du problème, une exploration de diverses possibilités de résolution doit ensuite être effectuée. L'élève doit, après avoir sélectionné l'une d'elles, élaborer un plan d'action qui tient compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles imposées par le milieu et, d'autre part, des ressources dont il dispose pour résoudre le problème.

Lors de la mise en œuvre du plan, l'élève en exécute les étapes en prenant soin de consigner toutes les observations pouvant être utiles ultérieurement. De nouvelles données peuvent exiger une reformulation de la représentation du problème, l'adaptation du plan de départ ou la recherche de pistes de solution plus appropriées.

Vient ensuite l'analyse des résultats qui a trait à l'organisation, à la classification, à la comparaison et à l'interprétation des résultats obtenus au cours du processus de résolution du problème. Elle consiste à repérer les tendances et les relations significatives qui les caractérisent, les relations qui s'établissent entre ces résultats ou encore entre ces résultats et les données initiales. Cette mise en relation permet de formaliser le problème, de valider ou d'invalider l'hypothèse et de tirer une conclusion.

À tout moment du processus de résolution de problèmes, l'élève doit effectuer des retours réflexifs pour favoriser ultérieurement un meilleur contrôle de l'articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques utilisées et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

La plupart des démarches mobilisées et articulées au cours du développement de cette compétence ne peuvent être mises en œuvre qu'en laboratoire ou en atelier. En raison des dangers que présente la manipulation de certains instruments, outils, substances ou matériaux, il importe que des personnes compétentes puissent intervenir en cas de besoin et que la préparation du matériel soit soignée. Les élèves doivent respecter les directives et travailler avec rigueur. La sécurité doit être une préoccupation constante.

Cette compétence est indissociable des deux autres et ne saurait se développer isolément. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ne peut se faire indépendamment de l'appropriation et de la mise à profit de connaissances spécifiques. Les lois, les principes et les concepts propres à la discipline sont utilisés pour cerner un problème et pour le formuler en des termes qui le rapprochent d'une réponse ou d'une solution. Cette compétence ne peut se développer sans la maîtrise de stratégies de l'ordre de la communication. En effet, le processus de validation par les pairs est incontournable en science et en technologie, tout comme la compréhension et l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique ou technologique.

Cerner un problème

Considérer le contexte de la situation • S'en donner une représentation • Identifier les données initiales • Identifier les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts scientifiques et technologiques • Proposer des explications ou des solutions possibles

Élaborer un plan d'action

Explorer quelques-unes des explications ou des solutions provisoires • Sélectionner une explication ou une solution • Déterminer les ressources nécessaires • Planifier les étapes de sa mise en œuvre

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

Concrétiser le plan d'action

Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux techniques et aux autres ressources appropriées • Procéder à des essais, s'il y a lieu • Recueillir des données ou noter des observations pouvant être utiles • Apporter, si cela est nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action • Mener à terme le plan d'action

Analyser les résultats

Rechercher les tendances ou les relations significatives • Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • Établir des liens entre les résultats et les concepts scientifiques et technologiques • Proposer des améliorations, si cela est nécessaire • Tirer des conclusions

Critères d'évaluation

- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes

À la fin du deuxième cycle du secondaire, l'élève est en mesure de mettre en œuvre un processus de résolution de problèmes. Il s'approprie le problème en dégagant le but à atteindre ou le besoin à cerner ainsi que les conditions à respecter. Il formule ou reformule des questions qui s'appuient sur des données issues du problème. Il propose des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles, qu'il est en mesure de justifier.

Il élabore sa planification en sélectionnant les démarches qui lui permettront d'atteindre son but. Il contrôle les variables importantes qui peuvent influencer les résultats. Dans l'élaboration de son plan d'action, il choisit les outils conceptuels et le matériel pertinents parmi ceux qui sont mis à sa disposition.

Il concrétise son plan d'action en travaillant de façon sécuritaire et l'ajuste au besoin. Il recueille des données valables en utilisant correctement le matériel choisi. Il tient compte de la précision des outils ou des équipements. En science, il analyse les données recueillies et en tire des conclusions ou des explications pertinentes. En technologie, il procède à la mise à l'essai de sa solution en s'assurant que cette dernière répond au besoin ciblé ou aux exigences du cahier des charges. S'il y a lieu, il énonce de nouvelles hypothèses ou propose des améliorations à sa solution ou de nouvelles solutions. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

Développement de la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*

Tel qu'il a été indiqué dans la section *Contexte pédagogique*, les compétences disciplinaires se développent selon trois aspects : la mobilisation en contexte, la disponibilité de ressources et le retour réflexif. Le tableau ci-dessous présente des paramètres qui caractérisent, pour chacun de ces aspects, les situations d'apprentissage et d'évaluation proposées aux élèves selon l'année du cycle. Ces paramètres permettent de varier le niveau de complexité et de difficulté des situations tout au long du cycle pour aider chaque élève à développer ses compétences.

	PREMIÈRE ANNÉE DU CYCLE	DEUXIÈME ANNÉE DU CYCLE
Mobilisation en contexte	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est bien circonscrit : la plupart des sous-tâches sont communiquées à l'élève. – La situation propose des hypothèses vérifiables à partir des données initiales du problème. 	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est moins circonscrit : les sous-tâches ne sont pas toutes communiquées à l'élève. – La situation requiert que l'élève propose des hypothèses vérifiables à partir des données initiales du problème.
Disponibilité des ressources	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la première année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative des concepts abordés, faisant parfois appel à un certain formalisme mathématique. – Le répertoire de ressources matérielles mis à la disposition de l'élève est limité, l'amenant à faire certains choix. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation indique explicitement celles auxquelles l'élève doit faire appel. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la deuxième année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative et quantitative des concepts abordés, faisant souvent appel à un formalisme mathématique. – Le répertoire de ressources matérielles mis à la disposition de l'élève est étendu, l'amenant à faire des choix. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation n'indique pas celles auxquelles l'élève doit faire appel, mais exige qu'il en justifie le choix.
Retour réflexif	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments de retour réflexif et métacognitif où l'enseignant intervient individuellement et collectivement. – La situation précise clairement la nature des retours réflexifs et métacognitifs et la forme qu'ils doivent prendre. 	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments où l'élève effectue, individuellement ou en équipe, des retours réflexifs et métacognitifs. – La situation exige que des retours réflexifs et métacognitifs soient effectués, sans en préciser clairement la nature et la forme. Des traces orales ou écrites sont prévues.

Sens de la compétence

La science et la technologie ont des répercussions sur notre vie. Certaines sont positives et contribuent de façon notable à en améliorer la qualité. D'autres, par contre, soulèvent des enjeux d'ordre éthique à l'égard desquels il faut se situer. Toutes les sphères de l'activité humaine, qu'elles soient personnelles, sociales ou professionnelles, sont touchées à des degrés divers, de telle sorte que la science et la technologie apparaissent aujourd'hui comme des outils indispensables pour comprendre le monde dans lequel nous vivons et pour nous y adapter. Afin de s'intégrer à la société et y exercer son rôle de citoyen de façon éclairée, l'individu doit donc disposer d'une solide culture scientifique et technologique impliquant la capacité de mettre à profit ses connaissances dans le domaine, quel que soit le contexte.

Au premier cycle du secondaire, l'élève a appris à mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques en tentant de dégager des retombées de la science et de la technologie et de comprendre des phénomènes naturels de même que le fonctionnement de quelques objets technologiques. Au deuxième cycle, cette réflexion se poursuit, mais le niveau des exigences est plus élevé. D'une part, l'élève est confronté à diverses problématiques sur lesquelles il est progressivement appelé à se construire une opinion, plusieurs questions étant alors soulevées et examinées selon différentes perspectives (aspects, points de vue, retombées, etc.). D'autre part, bien qu'il soit amené à exploiter, pour leur étude, les ressources conceptuelles qu'il a accumulées jusqu'alors, il est aussi forcé d'en acquérir de nouvelles pour en compenser les lacunes.

Au cours du deuxième cycle, la mobilisation de ses connaissances scientifiques ou technologiques implique que l'élève situe les problématiques dans leur contexte. Cet exercice suppose la construction d'une représentation systémique de ces problématiques, qui prend en compte leurs différents aspects

(sociaux, historiques, économiques, etc.) et divers points de vue sur le sujet (des environnementalistes, des syndicats, des politiciens, etc.). Elle permet aussi d'examiner certaines retombées à long terme, de les comparer aux retombées à court terme et, s'il y a lieu, d'en dégager les enjeux éthiques.

Cette compétence exige que l'élève situe une problématique dans son contexte, qu'il dégage des principes scientifiques et technologiques qui lui sont liés et qu'il construise son opinion.

L'analyse d'une problématique exige de dégager certains principes scientifiques qui y sont liés. L'exercice de cette compétence suppose donc que l'élève se soit approprié les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension de ces principes. Cette appropriation ne saurait toutefois se limiter à la simple

maîtrise d'un formalisme mathématique ou à l'application d'une recette. Comprendre un principe ou un phénomène consiste à s'en donner une représentation qualitative, et dans certains cas quantitative, qui permet de l'expliquer à l'aide de lois et de modèles, de le décrire, d'en saisir les relations et parfois de prédire de nouveaux phénomènes. Les démarches empiriques, d'observation et de modélisation constituent donc autant de ressources dont l'élève peut tirer profit pour comprendre des principes scientifiques.

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques en cernant une problématique exige fréquemment de l'élève qu'il analyse certains objets, systèmes, produits ou procédés qui lui sont rattachés. Cette analyse consiste à en déterminer la fonction globale; à en comprendre le fonctionnement en reconnaissant leurs diverses composantes et leurs fonctions respectives; à prendre en considération les caractéristiques techniques et les principes scientifiques sous-jacents; et enfin à se pencher sur les solutions adoptées pour les construire.

Par ailleurs, la mobilisation des connaissances scientifiques et technologiques ne serait pas complète sans l'exercice de la pensée critique. L'analyse systématique d'une problématique doit conduire l'élève à se forger graduellement une opinion à son égard. En ayant consulté différentes ressources qui

présentent divers aspects et points de vue, l'élève pourra hiérarchiser les éléments d'information et en privilégier certains de manière à construire son opinion. Il sera alors capable de justifier ou de nuancer cette opinion en fonction d'informations nouvelles qui pourraient lui être présentées.

À tout moment du processus de résolution des problèmes associés à la problématique à l'étude, l'élève doit effectuer des retours réflexifs pour favoriser ultérieurement un meilleur contrôle de l'articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques liées à la problématique, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

Il importe enfin de souligner que, pour développer cette compétence, l'élève doit faire appel à des éléments de communication liés à la production, à l'interprétation et à la transmission de messages à caractère scientifique ou technologique et doit recourir aux langages propres à la science et à la technologie.

Situer une problématique scientifique ou technologique dans son contexte

Identifier des aspects du contexte (social, environnemental, historique, etc.) • Établir des liens entre ces divers aspects • Dégager, s'il y a lieu, des enjeux éthiques liés à la problématique • Anticiper des retombées à long terme

Comprendre des principes technologiques liés à la problématique

Cerner la fonction globale d'un objet, d'un système, d'un produit ou d'un procédé • En identifier les diverses composantes et déterminer leurs fonctions respectives • En décrire des principes de fonctionnement et de construction • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles • Représenter schématiquement des principes de fonctionnement et de construction

Comprendre des principes scientifiques liés à la problématique

Reconnaître des principes scientifiques • Décrire ces principes de manière qualitative ou quantitative • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

Construire son opinion sur la problématique à l'étude

Chercher diverses ressources et considérer différents points de vue • Déterminer les éléments qui peuvent aider à construire son opinion • Justifier son opinion en s'appuyant sur les éléments considérés • Nuancer son opinion en prenant en considération celle des autres

Critères d'évaluation

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois, des modèles et des théories de la science et de la technologie
- Production d'explications ou de solutions pertinentes
- Justification adéquate des explications, des solutions, des décisions ou des opinions

À la fin du deuxième cycle du secondaire, l'élève est en mesure d'analyser des situations ou de réagir à des questionnements liés à de grandes problématiques tirées du quotidien, de l'actualité, etc. Il les aborde sous l'angle de la science et de la technologie. Il circonscrit la problématique en explorant divers aspects (sociaux, environnementaux, économiques, politiques, etc.) et en dégage, s'il y a lieu, les principaux enjeux éthiques. Quand cela est pertinent, il est à même d'évaluer les retombées à long terme liées aux enjeux soulevés.

Lorsque l'élève analyse un problème sous l'angle de la science, il tente de reconnaître les principes en cause. Au regard de ces principes, il formule une explication ou une solution provisoire qu'il valide en s'appuyant sur les concepts, les lois, les théories et les modèles pertinents. Il est en mesure de décrire de manière qualitative ces principes scientifiques et, lorsque la situation l'exige, il peut recourir au formalisme mathématique pour justifier son explication.

Lorsque l'élève analyse un problème sous l'angle de la technologie, il en détermine la fonction globale. Il examine l'objet, le système technologique ou le produit afin d'en observer les principaux éléments constitutifs. Il manipule l'objet ou le système et le démonte au besoin afin d'en comprendre les principaux sous-systèmes et mécanismes. Il en décrit les principes de fonctionnement en s'appuyant sur les concepts, les lois et les modèles pertinents. Il explique les solutions retenues lors de la conception ou de la construction de l'objet technique ou du système technologique.

Après avoir exploré divers aspects (sociaux, environnementaux, économiques, politiques, etc.) ou divers enjeux éthiques liés à une problématique, l'élève cherche des ressources qui expriment des points de vue différents. Il donne priorité aux informations qu'il juge importantes tout en s'assurant de la crédibilité des sources. Il se forge ainsi une opinion en s'appuyant entre autres sur des principes scientifiques et technologiques. Il est en mesure de justifier son opinion et de la reconsidérer en fonction de nouvelles informations.

Développement de la compétence *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques*

Tel qu'il a été indiqué dans la section *Contexte pédagogique*, les compétences disciplinaires se développent selon trois aspects : la mobilisation en contexte, la disponibilité de ressources et le retour réflexif. Le tableau ci-dessous présente des paramètres qui caractérisent, pour chacun de ces aspects, les situations d'apprentissage et d'évaluation proposées aux élèves selon l'année du cycle. Ces paramètres permettent de varier le niveau de complexité et de difficulté des situations tout au long du cycle pour aider chaque élève à développer ses compétences.

	PREMIÈRE ANNÉE DU CYCLE	DEUXIÈME ANNÉE DU CYCLE
Mobilisation en contexte	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est bien circonscrit : la plupart des tâches sont communiquées à l'élève. – La problématique est étudiée à partir d'un nombre limité de points de vue (ex. des gouvernements, des syndicats, des groupes sociaux, des industries, etc.) et d'aspects (social, historique, éthique, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est moins circonscrit : les tâches ne sont pas toutes communiquées à l'élève. – La problématique est étudiée à partir d'un nombre plus grand de points de vue (ex. des gouvernements, des syndicats, des groupes sociaux, des industries, etc.) et d'aspects (social, historique, éthique, etc.).
Disponibilité des ressources	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la première année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative des concepts abordés, faisant parfois appel à un certain formalisme mathématique. – Les documents fournis couvrent tous les éléments nécessaires à la résolution du problème : l'élève doit reconnaître ceux qui sont pertinents. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation indique explicitement celles auxquelles l'élève doit faire appel. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la deuxième année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative et quantitative des concepts abordés, faisant souvent appel à un formalisme mathématique. – Les documents fournis ne couvrent pas tous les éléments nécessaires à la résolution du problème : l'élève doit déterminer les éléments absents et chercher lui-même la documentation complémentaire dont il a besoin. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation n'indique pas celles auxquelles l'élève doit faire appel, mais exige qu'il en justifie le choix.
Retour réflexif	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments de retour réflexif et métacognitif où l'enseignant intervient individuellement et collectivement. – La situation précise clairement la nature des retours réflexifs et métacognitifs et la forme qu'ils doivent prendre. 	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments où l'élève effectue, individuellement ou en équipe, des retours réflexifs et métacognitifs. – La situation exige que des retours réflexifs et métacognitifs soient effectués, sans en préciser clairement la nature et la forme. Des traces orales ou écrites sont prévues.

Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans la construction de savoirs scientifiques et technologiques. Dans la mesure où ils sont socialement élaborés et institués, ils ne se construisent que dans le partage de significations, l'échange d'idées et la négociation de points de vue. Cela exige l'emploi d'un langage standardisé, c'est-à-dire d'un code qui délimite le sens des signes linguistiques et graphiques en fonction de l'usage qu'en fait la communauté technoscientifique. La diffusion des savoirs obéit aussi à des règles. Les résultats de recherche doivent en effet être soumis à un processus de validation par les pairs avant d'être largement diffusés dans la communauté et le grand public. La communication peut donc revêtir diverses formes selon qu'elle s'adresse aux membres de cette communauté ou qu'elle vise à informer un public non initié.

Au deuxième cycle du secondaire comme au premier, l'élève doit être apte à communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie et doit savoir recourir aux normes et aux conventions propres à ces disciplines lorsqu'il participe à des échanges sur des questions d'ordre scientifique ou technologique ou qu'il interprète ou produit des informations de cette nature. Il importe également qu'il apprenne à respecter la propriété intellectuelle des personnes dont il reprend les idées ou les résultats. Au deuxième cycle, une importance toute particulière doit être accordée à l'interprétation, sans négliger pour autant la participation à des échanges ou la production de messages.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation de l'élève à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique, qu'il s'agisse de partager le fruit d'un travail avec des pairs, de rechercher auprès d'experts des réponses à un questionnement ou encore de contribuer à des activités telles que l'analyse ou la conception d'objets, de systèmes ou de produits, la présentation d'un projet ou la réalisation

d'un événement. Particulièrement utiles pour aider l'élève à préciser ses représentations et à valider un point de vue en le confrontant à celui des autres, ces situations doivent aussi viser l'adoption d'une attitude d'ouverture et de réceptivité à l'égard de la diversité des connaissances, des points de vue et des approches. Une attention particulière doit être portée au fait que certains termes n'ont pas la même signification dans le langage courant et le langage spécifique de la science ou de la technologie. Le sens des concepts peut également différer selon le contexte disciplinaire dans lequel

ils sont utilisés. La prise en compte du contexte de la situation de communication s'avère donc indispensable pour déterminer les enjeux de l'échange et adapter son comportement en conséquence.

L'interprétation, qui représente une autre composante importante de la compétence, intervient autant dans la lecture d'un article scientifique ou technique que dans l'écoute d'un exposé oral, la compréhension d'un rapport de laboratoire ou l'utilisation d'un

cahier des charges, d'un dossier technique ou d'un plan. Toutes ces activités exigent de l'élève qu'il saisisse le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés et qu'il donne la signification exacte d'un graphique, d'un schéma ou d'un dessin de détail. Il doit aussi établir des liens explicites entre les concepts comme tels et leur représentation graphique ou symbolique. Lorsqu'il s'adonne à une activité d'écoute ou qu'il consulte des documents, il doit encore vérifier la crédibilité des sources et sélectionner les informations qui lui semblent pertinentes.

La production de messages à caractère scientifique ou technologique est également un aspect important de cette compétence puisque les situations peuvent exiger de l'élève qu'il élabore un protocole de recherche, rédige un rapport de laboratoire, prépare un dossier technique, conçoive un prototype, résume un texte, représente les détails d'une pièce ou fasse un exposé sur une question d'ordre scientifique ou technologique. La prise en compte du

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation de l'élève à des échanges d'information, à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique ou technologique.

destinataire ou des particularités du public ciblé constitue un passage obligé pour la délimitation du contexte de ces productions. Cela demande que l'élève détermine un niveau d'élaboration accessible au public ciblé, structure le message en conséquence et choisisse des formes et des modes de présentation appropriés à la communication. Le souci de bien utiliser les concepts, les formalismes, les symboles, les graphiques, les schémas et les dessins doit l'habiter, car il contribue à donner de la clarté, de la cohérence et de la rigueur au message. Dans ce type de communication, le recours aux technologies de l'information et de la communication peut s'avérer utile ou offrir un enrichissement substantiel.

Au cours de la participation à un échange, des retours réflexifs doivent être effectués pour favoriser ultérieurement un meilleur contrôle de l'articulation des stratégies de production et d'interprétation. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques associées à la communication, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences du contexte de l'échange.

Cette compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux autres, dont elle vient renforcer le développement. Tout en contribuant de manière significative à leur donner toute leur étendue, elle s'enrichit de la compréhension accrue qui résulte des recherches et des réalisations qui les caractérisent. La première compétence, axée sur la résolution de problèmes d'ordre scientifique ou technologique, fait appel à des normes et à des conventions, et ce, tant pour l'élaboration d'un protocole de recherche ou d'un scénario de réalisation que pour l'explication de lois et de principes ou la présentation de résultats expérimentaux. Tableaux, symboles, graphiques, schémas, dessins de détail ou d'ensemble, maquettes, équations mathématiques et modèles sont autant de modes de présentation qui peuvent soutenir la communication, mais qui nécessitent de respecter les règles d'usage propres à la science, à la technologie et à la mathématique.

L'appropriation des concepts scientifiques et technologiques de même que leur mise à profit, qui font l'objet de la deuxième compétence, exigent un langage et un type de discours appropriés. Par exemple, les lois scientifiques, qui sont une façon de modéliser les phénomènes, s'expriment généralement par des définitions ou des formalismes mathématiques. Les comprendre, c'est pouvoir les relier aux phénomènes qu'ils ont pour objectif de représenter.

Participer à des échanges d'information à caractère scientifique et technologique

Faire preuve d'ouverture • Valider son point de vue ou sa solution en les confrontant avec ceux d'autres personnes • Intégrer à sa langue orale et écrite un vocabulaire scientifique et technologique approprié

Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique

Faire preuve de vigilance quant à la crédibilité des sources • Repérer des informations pertinentes • Saisir le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés • Établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques • Sélectionner les éléments significatifs

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique

Tenir compte du destinataire et du contexte • Structurer son message • Utiliser les formes de langage appropriées dans le respect des normes et des conventions établies • Recourir aux formes de présentation appropriées • Démontrer de la rigueur et de la cohérence

Critères d'évaluation

- Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique
- Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique
- Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science et à la technologie

À la fin du deuxième cycle du secondaire, l'élève interprète et produit, sous une forme orale, écrite ou visuelle, des messages à caractère scientifique ou technologique.

Lorsqu'il interprète un message, il a recours aux langages associés à la science et à la technologie. Selon la situation, il utilise avec rigueur tant le langage scientifique, technologique, mathématique ou symbolique que le langage courant. Il tient compte de la crédibilité de la source d'information. Lorsque cela est nécessaire, il définit les mots, les concepts et les expressions en s'appuyant sur des sources crédibles. Parmi toute l'information consultée, il repère et utilise les éléments qu'il juge pertinents et nécessaires à l'interprétation juste du message.

Il produit des messages structurés et clairs et les formule avec rigueur. Il respecte les conventions tout en utilisant des modes de présentation appropriés. Il choisit et utilise adéquatement des outils, dont les technologies de l'information et de la communication, qui l'aident à bien livrer son message. S'il y a lieu, il adapte son message à ses interlocuteurs. Il est en mesure d'expliquer, en langage courant, le sens du message qu'il produit ou qu'il a interprété. Quand la situation l'exige, il confronte ses idées avec celles de ses interlocuteurs. Il défend alors ses idées, mais s'ajuste quand les arguments d'autrui lui permettent de mieux préciser sa pensée. En tout temps, il respecte la propriété intellectuelle dans la production de son message.

Développement de la compétence *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*

Tel qu'il a été indiqué dans la section *Contexte pédagogique*, les compétences disciplinaires se développent selon trois aspects : la mobilisation en contexte, la disponibilité de ressources et le retour réflexif. Le tableau ci-dessous présente des paramètres qui caractérisent, pour chacun de ces aspects, les situations d'apprentissage et d'évaluation proposées aux élèves selon l'année du cycle. Ces paramètres permettent de varier le niveau de complexité et de difficulté des situations tout au long du cycle pour aider chaque élève à développer ses compétences.

	PREMIÈRE ANNÉE DU CYCLE	DEUXIÈME ANNÉE DU CYCLE
Mobilisation en contexte	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est bien circonscrit : la plupart des tâches sont communiquées. – La situation indique clairement les caractéristiques du message à construire ou à transmettre. – La situation indique clairement les éléments d'analyse du message. – La situation indique clairement les modes de présentation auxquels l'élève peut recourir (recherche, affiche, page Web, rapport de laboratoire ou d'atelier, présentation orale, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> – Le problème est moins circonscrit : les tâches ne sont pas toutes communiquées. – La situation donne peu de balises pour la construction ou la transmission du message. – La situation donne peu de balises sur les éléments d'analyse du message. – La situation donne peu de balises quant aux modes de présentation auxquels l'élève peut recourir (recherche, affiche, page Web, rapport de laboratoire ou d'atelier, présentation orale, etc.).
Disponibilité des ressources	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la première année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative des concepts abordés, faisant parfois appel à un certain formalisme mathématique. – Le répertoire de ressources matérielles mis à la disposition de l'élève est limité, l'amenant à faire certains choix. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation indique explicitement celles auxquelles l'élève doit faire appel. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sur le plan conceptuel, la situation exige la mobilisation des éléments de contenu de la deuxième année du cycle. – La situation vise une compréhension qualitative et quantitative des concepts abordés, faisant souvent appel à un formalisme mathématique. – Le répertoire de ressources matérielles mis à la disposition de l'élève est étendu, l'amenant à faire des choix. – Lorsque le problème suppose le recours à diverses démarches, stratégies ou techniques, la situation n'indique pas celles auxquelles l'élève doit faire appel, mais exige qu'il en justifie le choix.
Retour réflexif	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments de retour réflexif et métacognitif où l'enseignant intervient individuellement et collectivement. – La situation précise clairement la nature des retours réflexifs et métacognitifs et la forme qu'ils doivent prendre. 	<ul style="list-style-type: none"> – La situation prévoit des moments où l'élève effectue, individuellement ou en équipe, des retours réflexifs et métacognitifs. – La situation exige que des retours réflexifs et métacognitifs soient effectués, sans en préciser clairement la nature et la forme. Des traces orales ou écrites sont prévues.

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire

Le programme de science et technologie du deuxième cycle du secondaire, tout comme le programme d'applications technologiques et scientifiques, vise la consolidation et l'enrichissement par l'élève d'une culture scientifique et technologique qui s'appuie sur le développement des compétences et repose sur la construction et la mobilisation de ressources de divers ordres présentées ici en deux parties :

- les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques;
- les concepts prescrits.

La première partie présente les stratégies, les attitudes et les techniques. Elles s'inscrivent en continuité avec celles du premier cycle. Une section consacrée aux démarches a été ajoutée. Il est important de rendre compte du fait que des démarches autres qu'expérimentales et de conception sont utilisées par les scientifiques et les technologues. Ces démarches ne sont pas déterminées à l'avance et leur choix découle plutôt du contexte et des problématiques à l'étude.

La deuxième partie présente les concepts prescrits dans le programme et regroupés, comme ceux du premier cycle, dans quatre univers : l'univers vivant; l'univers matériel; la Terre et l'espace; et l'univers technologique. Ce regroupement a pour objectif de faciliter le repérage des concepts-clés que l'élève doit s'approprier. Comme ces univers sont interreliés, ils ne doivent pas être abordés séparément ni de manière séquentielle. Il en est de même des concepts, qui ne doivent pas être abordés selon une séquence chronologique prédéterminée, mais au moyen de situations d'apprentissage et d'évaluation intégratives.

En première année, les concepts des quatre univers sont intégrés autour du thème *L'humain, un organisme vivant*. Le choix de ce thème est justifié par l'importance que l'on accorde à la responsabilisation de l'élève à l'égard de son corps et de sa santé. En deuxième année, les concepts sont organisés autour du thème *L'environnement*, déployé en quatre problématiques : les

changements climatiques; le défi énergétique de l'humanité; l'eau potable; et la déforestation. Ces problématiques constituent des enjeux sociaux actuels dont les facettes scientifiques et technologiques se prêtent bien au développement des trois compétences ciblées par le programme.

Pour chacune des deux années, les thèmes sont décrits et caractérisés au début de la section *Concepts prescrits*. Pour la deuxième année, une présentation schématique des réseaux conceptuels permet de repérer

rapidement les concepts généralement associés à chacune des problématiques. Bien qu'elles ne soient pas prescrites, ces quatre problématiques constituent des lieux d'intégration privilégiés pour le développement des compétences disciplinaires et l'appropriation des contenus prescrits. Un enseignant pourrait cependant choisir d'autres problématiques environnementales pour mobiliser les mêmes concepts.

Chaque univers est présenté dans un tableau en deux colonnes. Dans la première figurent les concepts généraux ainsi que les orientations, qui élaborent, contextualisent et précisent les assises conceptuelles pour chacune des années du cycle, tout en laissant une certaine latitude à l'enseignant. À l'occasion, certaines notes fournissent des précisions supplémentaires sur la portée des concepts à l'étude. La deuxième colonne présente la liste, non limitative, des concepts prescrits. Il est en effet souhaitable que la richesse des situations d'apprentissage et d'évaluation permette d'aller au delà des exigences minimales.

Un tableau de repères culturels est présenté à la fin de chaque univers. Destinés à enrichir les situations d'apprentissage et d'évaluation, ces repères contribuent à donner un caractère intégratif aux activités pédagogiques en les ancrant dans la réalité sociale, culturelle ou quotidienne de l'élève. Ils permettent souvent d'établir des liens avec les domaines généraux de formation et avec d'autres domaines d'apprentissage.

Finalement, un tableau synthèse offre une vue d'ensemble de tous les concepts prescrits pour chaque année du cycle.

Les concepts prescrits de même que les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées dans ce programme constituent des ressources pour le développement des compétences.

Démarches, stratégies, attitudes et techniques

Cette section porte sur les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées par le programme. Bien que distincts des concepts, ces éléments contribuent tout autant au développement des compétences et méritent une attention particulière.

Démarches

Diverses démarches sont présentées : les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale, empirique, de construction d'opinion, de même que les démarches technologiques de conception et d'analyse. Elles correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en science et en technologie. Ces démarches ne doivent pas être mises en œuvre isolément, mais dans des situations d'apprentissage et d'évaluation qui font appel à plusieurs d'entre elles. Elles ne sont pas linéaires et supposent un va-et-vient entre les diverses étapes du processus d'investigation. Leur utilisation cohérente et leur articulation constituent une manifestation de compétence.

Démarche de modélisation

La démarche de modélisation consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule mathématique, équation chimique, programme informatique ou maquette. Au fur et à mesure que progresse la démarche de modélisation, le modèle se raffine et se complexifie. Il peut être valide pendant un certain temps et dans un contexte spécifique, mais, dans plusieurs cas, il est appelé à être modifié ou rejeté. Il importe également de considérer le contexte dans lequel il a été construit. Il doit posséder certaines caractéristiques, entre autres celles de faciliter la compréhension de la réalité, d'expliquer certaines propriétés de ce qu'il vise à représenter et de prédire de nouveaux phénomènes observables.

Démarche d'observation

La démarche d'observation est un processus actif qui permet d'interpréter des faits selon des critères déterminés par l'observateur ainsi que par ce qui fait consensus dans un cadre disciplinaire donné. À la lumière des informations recueillies, l'élève doit en arriver à une nouvelle compréhension des faits qui reste toutefois tributaire du contexte dans lequel s'effectue l'observation. Par sa manière d'interpréter et d'organiser les informations, l'observateur fait une relecture du monde physique en tenant compte de ses présupposés et des schémas conceptuels qui font partie intégrante de la grille qu'il applique aux faits observés. Ainsi, toute observation repose déjà sur l'établissement d'un modèle théorique provenant de celui qui observe.

Démarche expérimentale

La démarche expérimentale implique tout d'abord la formulation de premières explications. Elle permet d'amorcer une tentative de réponse et de définir le cadre dans lequel se fera l'expérimentation. L'élève doit ensuite s'engager dans l'élaboration d'un protocole expérimental dans lequel il reconnaîtra un certain nombre de variables en vue de les manipuler. Le but du protocole sera de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses. Les interactions entre les diverses phases de la démarche expérimentale permettent de soulever de nouveaux questionnements, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de prendre en compte les limites de l'expérimentation.

Démarche empirique

La démarche empirique est une recherche de terrain sans manipulation de variables. Cette absence de manipulation n'enlève rien à sa validité méthodologique; un sondage, par exemple, est une démarche empirique qui n'a rien d'aléatoire. Les modèles intuitifs sont bien souvent à l'origine de cette

démarche. Elle peut se révéler adéquate dans certaines situations puisqu'elle permet d'explorer et de se représenter les éléments d'un problème. Souvent, elle génère plusieurs idées et permet d'émettre des hypothèses et de concevoir des théories provisoires. Elle permet également de mettre au point des techniques et d'explorer des avenues possibles pour d'autres recherches.

Démarche de construction d'opinion

Lorsqu'il est appelé à construire son opinion et à construire une argumentation relative à une problématique scientifique ou technologique, l'élève doit prendre conscience de son engagement personnel, de ses croyances et de ses valeurs. Il importe donc qu'il réalise comment l'acquisition et l'utilisation de connaissances (disciplinaires, épistémologiques et contextuelles) et d'habiletés générales peuvent contribuer à la construction d'une opinion éclairée. Comme d'autres démarches, celle-ci fait appel à l'interprétation des informations, à leur mise en relation, à la reconnaissance des idées préconçues et des présupposés, à des modes de raisonnement analogique et à la prise en compte de faits apparemment contradictoires. Elle favorise la construction d'une argumentation solide et la justification d'une conclusion. En y faisant appel, l'élève devrait prendre conscience du fait que ses croyances et ses valeurs peuvent influencer son jugement, que la recherche de plusieurs sources d'information est déterminante, que la contradiction entre plusieurs sources d'information est fréquente et mérite d'être interprétée, et que le choix d'une solution peut dépendre de plusieurs facteurs.

Démarche technologique de conception

La démarche de conception suppose d'abord la détermination d'un besoin. L'étude du problème technologique qui s'ensuit doit tenir compte des diverses conditions et contraintes à respecter (cahier des charges). S'amorce alors le travail véritable de conception : recherche de solutions au regard du fonctionnement et de la construction; précision des formes et des matériaux; et dessin des pièces.

La fabrication du prototype, les essais et la validation complètent l'exercice. C'est par un examen approfondi du prototype qu'il a conçu et sa mise à l'essai que l'élève peut évaluer la solution qu'il préconise et vérifier si elle est conforme aux exigences du cahier des charges. La démarche de conception, qui fait appel à la logique, à la rigueur, à l'abstraction et à l'exécution, permet à l'élève de passer du raisonnement à la pratique. Des retours réflexifs, en cours et en fin de processus, seront l'occasion d'analyser son cheminement, de valider ses choix et de proposer, le cas échéant, des améliorations à la solution retenue.

Démarche technologique d'analyse

L'analyse d'un objet technique ou d'un système technologique implique la reconnaissance de sa fonction globale, de façon à cerner le besoin auquel il répond. L'examen des diverses composantes d'un objet ou d'un système s'avère également nécessaire pour déterminer leurs fonctions respectives. L'un ou l'autre pourra éventuellement être démonté afin de mieux comprendre les principes mis en cause dans son fonctionnement et sa construction. Cette forme d'analyse permet de réaliser comment l'objet ou le système constitue l'assemblage concret et tangible des diverses solutions retenues pour répondre à un besoin.

Stratégies

Certaines stratégies, mobilisées et utilisées dans le contexte de la science et de la technologie, soutiennent le développement des trois compétences de la discipline.

STRATÉGIES D'EXPLORATION	STRATÉGIES D'ANALYSE
<ul style="list-style-type: none">– Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques, technologiques et contextuelles éventuellement utiles pour cerner un problème ou prévoir des tendances– Évoquer des problèmes similaires déjà résolus– Généraliser à partir de plusieurs cas particuliers structurellement semblables– Anticiper les résultats d'une démarche– Élaborer divers scénarios possibles– Explorer diverses pistes de solution– Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques ou technologiques	<ul style="list-style-type: none">– Déterminer les contraintes et les éléments importants pour la résolution d'un problème– Diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples– Faire appel à divers modes de raisonnement (ex. inférer, induire, déduire, comparer, classifier, sérier) pour traiter les informations– Reasonner par analogie pour traiter des informations et adapter des connaissances scientifiques et technologiques– Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se situer au regard d'une problématique scientifique ou technologique

Attitudes

L'adoption de diverses attitudes facilite l'engagement de l'élève dans les démarches utilisées et sa responsabilisation par rapport à lui-même et à la société. Les attitudes constituent ainsi un facteur important dans le développement des compétences.

ATTITUDES INTELLECTUELLES	ATTITUDES COMPORTEMENTALES
<ul style="list-style-type: none">– Curiosité– Sens de l'initiative– Goût du risque intellectuel– Intérêt pour la confrontation des idées– Considération de solutions originales– Rigueur intellectuelle– Objectivité– Sens du travail méthodique– Souci d'une langue juste et précise	<ul style="list-style-type: none">– Discipline personnelle– Autonomie– Persévérance– Sens du travail soigné– Sens des responsabilités– Sens de l'effort– Coopération efficace– Souci de la santé et de la sécurité– Respect de la vie et de l'environnement– Écoute– Respect de soi et des autres– Esprit d'équipe– Solidarité internationale à l'égard des grands problèmes de l'heure

Techniques

Souvent incontournables, les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en pratique de connaissances théoriques. Elles sont réparties en deux grandes catégories, selon qu'elles sont propres à la technologie ou à la science.

TECHNOLOGIE		SCIENCE
Langage graphique	Fabrication	
<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none">– utilisation d'échelles– représentation graphique à l'aide d'instruments (projection orthogonale à vues multiples, isométrie, perspective)– schématisation	<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none">– utilisation sécuritaire des machines et des outils (scie à ruban, perceuse, ponceuse, marteau, tournevis, pinces, etc.)– mesurage et traçage– usinage (sciage, perçage, limage, dénudage et épissures, soudure à l'étain ou au plomb, etc.)– finition– vérification et contrôle– montage et démontage– fabrication d'une pièce	<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none">– utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire– utilisation d'instruments de mesure– utilisation d'instruments d'observation– préparation de solutions– collecte d'échantillons

Concepts prescrits (première année du cycle)

Les concepts prescrits pour la première année sont organisés autour du thème L'humain, un organisme vivant.

Au cours de la première année du cycle, les concepts des quatre univers sont articulés autour du thème *L'humain, un organisme vivant*. Dans le contexte des changements physiques et psychologiques liés à l'adolescence, une meilleure compréhension du corps humain et de l'interdépendance de ses divers systèmes s'avère importante. Dès lors, l'étude des facteurs fondamentaux qui affectent le fonctionnement et l'efficacité des systèmes respiratoire, circulatoire, excréteur, digestif, nerveux et reproducteur constitue une occasion privilégiée pour l'élève d'approfondir les connaissances qu'il a de son propre organisme. La connaissance de ces systèmes contribuera à le responsabiliser face à l'hygiène qu'ils nécessitent de manière à effectuer des choix de vie cohérents pour le maintien d'une bonne santé.

De plus, l'exploration de l'humain comme organisme vivant offre l'occasion d'intégrer des concepts provenant des trois autres univers sélectionnés précisément en raison de leur pertinence dans l'analyse de problématiques liées à ce thème. Par exemple, l'étude de l'influence de facteurs physiques externes comme le son ou la lumière contribue à la compréhension des organes sensoriels et favorise l'intégration des apprentissages.

Le thème choisi en cette première année du cycle est également l'occasion pour l'élève de s'interroger sur l'histoire du vivant sur Terre. Qu'il porte un regard sur sa propre réalité ou sur la façon dont la planète a évolué, l'élève peut ainsi situer la récente apparition de l'être humain sur l'échelle des temps géologiques et comprendre à quel point les conditions nécessaires au maintien de la vie sont à la fois complexes et fragiles.

Devant la nécessité de satisfaire ses besoins et en réponse à son désir de comprendre et de repousser à cette fin les limites de la connaissance, l'être humain a fait montre d'un grand génie créateur, dont la vigueur est notamment attestée par la multiplicité des concepts liés à l'univers technologique. La conception ou l'analyse d'objets, de systèmes ou de produits contribuant à notre survie ou à l'amélioration de nos conditions de vie constituent de bons moyens de mesurer la puissance de cette faculté adaptative de l'homme.

La connaissance du corps humain vise à responsabiliser l'élève à l'égard de sa santé pour l'amener à effectuer des choix de vie éclairés.

Univers vivant (première année du cycle)

Au deuxième cycle du secondaire, les concepts associés à l'univers vivant s'articulent autour de la façon dont les principaux systèmes du corps humain assurent diverses fonctions nécessaires au maintien de la vie. Sept concepts généraux sont présentés dans cette section. Ils sont tous liés à la façon dont l'organisme humain s'est adapté pour maintenir les fonctions essentielles à la vie. Il s'agit de la division cellulaire et de l'organisation des cellules en tissus, en organes et en systèmes. Ces derniers sont présentés selon les fonctions qu'ils assument : la nutrition (systèmes digestif, respiratoire et circulatoire), les relations (systèmes nerveux et musculosquelettique) et la reproduction (système reproducteur). Pour qu'un organisme survive, les systèmes doivent fonctionner en interrelation et être en équilibre.

L'étude des concepts liés au corps humain ne vise pas l'approfondissement de chacun de ses systèmes en particulier, mais elle doit être envisagée sous l'angle d'une meilleure compréhension de leurs interrelations. Le thème retenu pour cette première année du cycle, *L'humain, un organisme vivant*, doit être considéré comme un élément intégrateur servant d'ancrage à l'appropriation de concepts propres à d'autres univers. Ainsi, l'étude de la vision permet d'intégrer diverses notions et connaissances telles que le trajet de la lumière à l'intérieur de l'œil, la formation des images sur la rétine et la fonction des lunettes.

Orientations	Concepts prescrits
Organisation hiérarchique du vivant	
<p>Division cellulaire</p> <p>Au premier cycle du secondaire, l'élève a appris l'existence de deux modes de reproduction (asexué et sexué) des êtres vivants. Il a pu en apprécier l'éventail important, tant chez les plantes que chez les animaux.</p> <p>La perpétuation de la vie repose sur la division cellulaire. Du point de vue plus spécifique de l'humain, l'étude des fonctions de la division cellulaire par mitose (reproduction, croissance, régénération) et par méiose permettra de comprendre le rôle particulier de la cellule dans le maintien et la perpétuation de la vie.</p> <p>Par ailleurs, le cycle de développement sexué donne des descendants qui sont différents génétiquement de leurs parents. Il est constitué de deux étapes : la méiose et la fécondation. La méiose produit les gamètes sexuels (spermatozoïdes et ovules) nécessaires à la reproduction sexuée. Ces cellules reproductrices sont haploïdes (23 chromosomes) contrairement aux cellules somatiques qui sont diploïdes (46 chromosomes). La fusion des cellules sexuelles mâles et femelles assure la diversité génétique, car il y a alors combinaison de gènes provenant de la mère et du père. Ces gènes (ADN) sont porteurs du bagage héréditaire d'un organisme humain. L'information génétique dont une cellule hérite s'appelle <i>génome</i>. La transmission des caractères héréditaires, qui assure la continuité de la vie, repose sur la réplication de la macromolécule d'ADN, qui a la forme caractéristique d'une double hélice.</p> <p>Note : Seules les caractéristiques générales de la mitose et de la méiose constituent des éléments prescrits du programme. L'objectif premier est d'amener l'élève à différencier ces deux formes de division cellulaire (et non leurs phases respectives) et à comprendre sur quoi repose la diversité génétique des individus. Pour cette raison, les phases du développement embryonnaire ne sont pas des éléments prescrits du programme.</p>	<ul style="list-style-type: none">– ADN– Mitose– Fonctions de la division cellulaire (reproduction, croissance, régénération)– Méiose et cycle de développement sexué (méiose, fécondation)– Diversité génétique

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Organisation hiérarchique du vivant (Suite)	
<p>Tissus, organes et systèmes</p> <p>L'examen microscopique des tissus, des organes et des systèmes révèle qu'ils sont composés de cellules anatomiquement et physiologiquement spécialisées. Au cours du développement embryonnaire, les cellules se différencient et se spécialisent tout en se multipliant et elles se regroupent en tissus. Chez l'humain, comme chez nombre d'organismes vivants, les différents tissus sont organisés de façon précise et constituent des centres fonctionnels spécialisés appelés <i>organes</i>.</p> <p>Ceux-ci font à leur tour l'objet d'une organisation dont résultent les systèmes de l'organisme qui servent à l'exécution de fonctions corporelles comme la nutrition, la circulation et les échanges gazeux, l'excrétion et la reproduction. Pour qu'un organisme survive, les différents systèmes qui le composent doivent fonctionner en interrelation.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Tissus – Organes – Systèmes
Systèmes – Fonction de nutrition	
<p>Système digestif</p> <p>L'être humain est tributaire d'un apport régulier d'aliments provenant d'autres organismes. Cet apport est indispensable, car il assure la construction et la réparation des tissus de même que la production de chaleur et d'énergie sous différentes formes (mécanique, calorifique, etc.).</p> <p>Les transformations mécaniques et chimiques de la nourriture sont effectuées dans le système digestif selon quatre étapes de traitement : ingestion, digestion, absorption et élimination.</p> <p>Les glandes digestives assurent la décomposition chimique des aliments. Les glandes salivaires produisent presque toute la salive qui a des fonctions multiples (humidification, digestion partielle des glucides, pouvoir antibactérien, etc.). Les sécrétions gastriques (acide chlorhydrique, mucus, pepsine, etc.) interviennent dans la digestion des protéines. L'intestin grêle et ses structures annexes (pancréas, foie) sécrètent divers sucs afin d'amorcer la digestion des lipides. Les sels biliaires jouent un rôle important dans la digestion des graisses. L'intestin grêle joue aussi un rôle majeur dans la digestion des glucides, des protéines, des lipides et dans l'absorption des nutriments. L'absorption d'eau et d'électrolytes constitue une des fonctions essentielles du gros intestin. Le dernier segment du gros intestin (rectum) entrepose les matières fécales jusqu'à leur élimination.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Types d'aliments (eau, protéines, glucides, lipides, vitamines, minéraux) – Valeur énergétique des aliments – Tube digestif (bouche, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus) – Transformation des aliments (mécanique, chimique) – Glandes digestives (glandes salivaires, glandes gastriques, pancréas, foie, glandes intestinales)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Systèmes – Fonction de nutrition (Suite)	
<p>Systèmes circulatoire et respiratoire</p> <p>Pour accomplir leurs activités métaboliques, les cellules de l'organisme humain ont besoin d'un apport constant en oxygène et d'une élimination adéquate du dioxyde de carbone. Les systèmes de transport (respiratoire, circulatoire et lymphatique), qui permettent les échanges entre les organes et les cellules, sont essentiels au maintien de la vie.</p> <p>Le système respiratoire assure l'apport en oxygène et l'élimination du dioxyde de carbone, tandis que l'échange d'oxygène et de dioxyde de carbone assure la respiration cellulaire. La circulation sanguine permet ces échanges en empruntant diverses voies et divers types de vaisseaux alors que les constituants du sang jouent un rôle important dans le transfert de diverses substances à l'organisme.</p> <p>Le système immunitaire rend possible la défense de l'organisme humain contre des virus, des bactéries et d'autres menaces extracellulaires. L'immunité active peut être acquise naturellement (production d'anticorps) ou artificiellement (vaccination). Les troubles du système immunitaire peuvent causer des maladies comme les allergies et l'immunodéficience.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Système respiratoire (fosses nasales, pharynx, trachée, bronches, poumons) – Fonctions des constituants du sang (plasma, éléments figurés) – Compatibilité des groupes sanguins – Système circulatoire (voies de circulation, types de vaisseaux) – Système lymphatique (lymphe, anticorps)
<p>Système excréteur</p> <p>Le système urinaire joue un rôle essentiel dans la régulation du milieu interne chez les organismes. Ses fonctions-clés sont la filtration du sang et l'élimination des déchets.</p> <p>Les reins retiennent ou excrètent l'eau et les électrolytes, ce qui concourt à les maintenir en équilibre dans le milieu intérieur. L'action des glandes sudoripares contribue également au maintien de l'équilibre hydrique et à l'élimination de déchets. Le transport des gaz par le sang et le rejet de dioxyde de carbone par les poumons aident à stabiliser le pH du sang.</p> <p>La régulation des liquides corporels et l'élimination des déchets métaboliques assurent le maintien de l'équilibre hémodynamique et ionique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Système urinaire (reins, uretères, vessie, urètre) – Composants de l'urine (eau, sels minéraux, urée) – Maintien de l'équilibre sanguin (reins, poumons, glandes sudoripares)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Systèmes – Fonction de relation	
<p>Systèmes nerveux et musculosquelettique</p> <p>Le système nerveux et le système musculosquelettique régulent les fonctions corporelles internes, mais aussi les comportements des individus, leur permettant d’entrer en relation avec le milieu extérieur et de s’y adapter.</p> <p>Les réseaux complexes de cellules spécialisées, appelées <i>neurones</i>, constituent le système nerveux. Le système nerveux central rend possibles des comportements complexes et coordonne des commandes motrices grâce au système nerveux périphérique. Les divisions, sensitive et motrice, du système nerveux périphérique assurent l’homéostasie.</p> <p>D’une grande complexité structurale, le système nerveux recueille une multiplicité d’informations grâce à divers récepteurs sensoriels distribués dans les organes des sens, qui assurent la vision, l’ouïe et l’équilibre, le goût et l’odorat, le mouvement et la locomotion. Ces données sont ensuite intégrées dans les aires sensorielles situées dans le système nerveux central. Le système nerveux joue également un rôle important dans la coordination des mouvements et dans la façon dont nous nous déplaçons. La saturation sensorielle peut aussi découler d’un usage immodéré des nouvelles applications issues des technologies de l’information et de la communication.</p> <p>Le squelette assure le soutien et la protection du corps. Il joue un rôle essentiel dans le mouvement grâce à l’action des muscles qui agissent sur lui en se contractant. Certains os sont fusionnés, tandis que d’autres sont reliés par des articulations permettant une certaine liberté de mouvement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Système nerveux central (encéphale, moelle épinière) – Système nerveux périphérique (nerfs) <ul style="list-style-type: none"> • Neurone (synapse, axone, dendrite) • Influx nerveux (acte volontaire, arc réflexe) – Récepteurs sensoriels (œil, oreille, peau, langue, nez) – Système musculosquelettique (os, articulations, muscles) <ul style="list-style-type: none"> • Fonctions des os, des articulations et des muscles • Types de muscles • Types de mouvements articulaires

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Systèmes – Fonction de reproduction	
<p>Système reproducteur</p> <p>Au premier cycle du secondaire, l'étude des organes reproducteurs de l'humain a permis à l'élève de se familiariser avec certains aspects liés à son système reproducteur, tels que la fécondation, la grossesse et les principaux stades du développement humain. Toutefois, l'étude de l'apparition des caractères sexuels chez les adolescents n'a pas été abordée et le fait que la puberté est la période où la reproduction devient possible n'a pas été expliqué.</p> <p>L'étude des gonadotrophines produites par l'hypophyse (FSH, LH) permet de comprendre, entre autres, la spermatogenèse chez l'homme, la maturation du follicule ovarien et le déclenchement de l'ovulation chez la femme. Celle des hormones produites par les gonades sexuelles fait voir comment la testostérone, l'œstrogène et la progestérone régulent la croissance, le développement, les cycles reproducteurs et le comportement sexuel de l'humain.</p> <p>Ces nouvelles connaissances permettent aux adolescents de comprendre de façon plus approfondie les changements qui s'opèrent en eux et sont susceptibles de les éclairer au moment de faire des choix en matière de régulation des naissances ou de traitement de la fertilité.</p> <p>Note : Cette partie du programme constitue un complément aux concepts étudiés au premier cycle. Elle doit être envisagée sous l'angle d'une meilleure compréhension de la puberté chez les adolescents.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Puberté (fille et garçon) – Régulation hormonale chez l'homme <ul style="list-style-type: none"> • Spermatogenèse • Érection • Éjaculation – Régulation hormonale chez la femme <ul style="list-style-type: none"> • Ovogenèse • Cycle ovarien • Cycle menstruel

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Jonas Salk Ian Pavlov Rachel Carson Thomas Malthus Sir Alexander Fleming Sir Frederick Banting Karl Landsteiner	Organisation mondiale de la Santé Guide alimentaire canadien Directions régionales de la santé publique	Greffes et transplantation d'organes Transfusions sanguines Stérilisation Culture de tissus Biosynthèse de l'insuline humaine Vaccination Contraception	Création de la Croix-Rouge internationale

Univers matériel (première année du cycle)

Pour la première année du deuxième cycle du secondaire, les éléments de contenu prescrits associés à l'univers matériel sont regroupés autour de cinq concepts généraux : propriétés, transformations, organisation de la matière, fluides et ondes. Les trois premiers (propriétés, transformations, organisation de la matière) ont déjà été abordés au premier cycle. Cependant, en raison du thème retenu et des visées pédagogiques dont celui-ci est porteur, ces concepts généraux font l'objet d'une étude plus approfondie. Par ailleurs, la découverte de certaines propriétés et transformations de la matière doit être l'occasion d'établir des liens avec les éléments de contenu du premier cycle et de formuler de nouvelles hypothèses relativement à l'organisation de la matière. De même, l'introduction du modèle particulaire constitue un outil de premier plan pour l'explication de divers phénomènes.

Le quatrième concept concerne les fluides. On y aborde des notions qui permettent d'expliquer plus précisément la question du transport des entrées et des déchets dans le corps et celle des échanges de matière au niveau des cellules. L'osmose et la diffusion, deux notions étudiées au premier cycle, sont également mises à profit pour expliquer ces échanges. Le cinquième concept général, qui porte sur les ondes, regroupe quelques notions de base sur les phénomènes ondulatoires. Bien qu'elles permettent d'aborder les propriétés de n'importe quel mouvement ondulatoire, les ondes sont utilisées ici comme ressources dans le contexte spécifique de l'étude de certains récepteurs sensoriels du corps.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Propriétés de la matière</p> <p>L'organisme humain est constitué d'une grande diversité de substances matérielles. Qu'elles soient présentes dans les cellules ou dans les liquides du corps, qu'elles soient naturelles ou artificielles, elles se distinguent les unes des autres par leurs propriétés. Certaines substances (l'eau, l'oxygène, le dioxyde de carbone, certains nutriments, les sels minéraux ainsi que divers déchets) constituent des déterminants de premier plan de la santé d'un individu en raison de l'importance de leur rôle et de leur concentration dans le corps.</p> <p>Les propriétés caractéristiques d'une substance pure ou d'un groupe de substances sont déterminées à certaines conditions de température et de pression. L'utilisation de tableaux répertoriant les propriétés physiques et chimiques caractéristiques de la matière permet d'identifier des substances, mais aussi de comprendre leurs rôles, l'usage qui en est fait et les dangers qu'elles représentent parfois pour le corps.</p> <p>Dans le corps, les substances sont généralement présentes sous la forme de mélanges dont plusieurs sont des solutions. Les propriétés physiques de ces dernières varient selon la nature et la proportion de leurs constituants. Quantité de phénomènes vitaux dépendent de la propriété de l'eau et des lipides de dissoudre de nombreuses substances. La concentration s'exprime en grammes de soluté par litre de solution, ou en pourcentage. La solubilité d'un solide ou d'un gaz s'exprime en grammes de soluté pour un volume donné de solvant, ou en pourcentage. Elle varie notamment selon la température.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Propriétés physiques caractéristiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique • Solubilité – Propriétés chimiques caractéristiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions <ul style="list-style-type: none"> • Concentration • Soluté • Solvant

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Transformations de la matière</p> <p>L'être humain échange avec son milieu et transforme constamment de la matière et de l'énergie. Il survit parce que ces transformations lui procurent de l'énergie sous une forme accessible et de la matière pour réparer et construire les tissus propres à son organisme, d'une part, et pour entretenir ses réserves en minéraux, d'autre part.</p> <p>Les transformations physiques et chimiques sont également objet d'apprentissage. Elles impliquent un transfert et une transformation d'énergie. Au cours des transformations physiques, le nombre d'atomes de chaque élément ainsi que leur masse demeurent inchangés. Les molécules impliquées ne subissent pas de transformation. La matière conserve donc ses propriétés caractéristiques.</p> <p>Selon l'énergie d'agitation moyenne des molécules qui la composent, une même substance se présente sous la forme d'un liquide, d'un solide ou d'un gaz. Une variation de cette énergie entraîne des transformations réversibles.</p> <p>L'observation du comportement de la matière au cours de ces transformations constitue le point de départ de la construction d'un modèle particulière de la matière, qui rassemble toutes les qualités d'un bon modèle : il met en relation différentes observations, il explique les comportements observés, il permet d'en prédire de nouveaux et il est perfectible.</p> <p>La préparation de solutions par dissolution et la modification de la concentration à la suite d'une dilution sont des opérations courantes dans la vie quotidienne. Il importe d'amener l'élève à les maîtriser et à les mettre en pratique rigoureusement.</p> <p>Au cours des transformations chimiques, les molécules impliquées sont modifiées. Les produits de la transformation diffèrent des réactifs; ils seront caractérisés par d'autres propriétés. Le nombre d'atomes de chaque élément et leur masse sont conservés. Sur cette base, des équations chimiques simples sont balancées (réactions d'oxydation, de synthèse et de décomposition). Certains indices sont utilisés pour faciliter la reconnaissance de la formation d'une nouvelle substance.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> • Dissolution • Dilution • Changement de phase – Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Décomposition et synthèse • Oxydation • Précipitation – Formes d'énergie (chimique, thermique, mécanique, rayonnante) – Modèle particulière
<p>Organisation de la matière</p> <p>La matière circule, de l'inerte au vivant et inversement. En effet, qu'elle soit inerte ou vivante, la matière est constituée d'atomes qui se combinent selon leurs affinités et qui forment des molécules d'éléments ou de composés plus ou moins complexes. Lorsqu'une seule sorte de molécule est présente dans un échantillon de substance, elle est dite pure et elle est identifiable par ses propriétés caractéristiques. Cependant, le plus souvent, la matière est présente dans l'environnement et dans l'organisme humain sous la forme de mélanges de plusieurs sortes de molécules d'éléments et de composés. Les propriétés d'un mélange sont différentes de celles de ses constituants qui conservent chacun leurs propriétés caractéristiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Fluides</p> <p>Un système de transport interne assure la circulation de substances sélectionnées par l'organisme (l'eau, l'oxygène, le dioxyde de carbone, certains nutriments, les sels minéraux ainsi que divers déchets) vers des régions spécialisées pour les transformations, le stockage ou l'élimination. Le système circulatoire fournit la pression et les variations de pression nécessaires à la circulation du sang. La respiration fournit les variations de volume nécessaires aux variations de pression qui permettront la diffusion de l'oxygène et du dioxyde de carbone au niveau des alvéoles des poumons.</p> <p>En général, lorsqu'une pression s'exerce sur un solide ou un fluide (compressible ou non), elle est directement proportionnelle à la force qui est distribuée sur une surface et inversement proportionnelle à la surface sur laquelle la force s'applique. Une compréhension qualitative et quantitative de cette relation est souhaitable.</p> <p>Dans le cas des fluides (compressibles ou non), la pression résulte aussi du choc des molécules entre elles et sur les parois d'une surface contraignante (vaisseaux et alvéoles). Des variations de pression induisent des déplacements de matière qui s'effectuent toujours d'une zone où la pression est élevée vers une zone où la pression est basse. Dans le cas des fluides compressibles, à une même température, le volume est inversement proportionnel à la pression qui s'exerce.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Fluides compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume
<p>Ondes</p> <p>L'organisme humain est équipé de diverses structures qui lui permettent de recevoir des informations de son environnement. Deux stimulus externes captés par des organes des sens doivent être examinés, soit les ondes sonores et les ondes lumineuses du spectre visible. Ces dernières font partie du spectre électromagnétique dont les rayonnements diffèrent essentiellement par leur longueur d'onde.</p> <p>L'exploration concrète des ondes mécaniques transversales (dans un ressort ou dans l'eau) constitue un moyen pour aider l'élève à comprendre les mouvements ondulatoires. La fréquence, la longueur d'onde et l'amplitude permettent d'identifier des propriétés qualitatives et quantitatives qui sont communes à toutes les ondes tout en mettant en évidence certaines de leurs différences. En tant que déformation qui se propage à une vitesse déterminée dans un milieu élastique, une onde mécanique transporte de l'énergie d'un point à un autre. Cependant, la matière occupe la même position après le passage de l'onde qu'à l'origine de sa propagation.</p> <p>Les ondes sonores sont des ondes mécaniques longitudinales. Elles sont produites par un corps élastique en vibration et leur propagation exige un support matériel périodiquement comprimé et raréfié. L'onde se déplace, transportant ainsi l'énergie fournie par le corps vibrant sans que la matière soit déplacée.</p> <p>Quoique de nature très différente, les ondes lumineuses ont certains comportements semblables à ceux des ondes sonores et des ondes mécaniques en général. Ainsi, comme les autres ondes, la lumière est caractérisée par sa fréquence, sa longueur d'onde, son amplitude et sa vitesse de propagation. Cependant, dans son comportement ondulatoire, la lumière se propage dans le vide et dans les milieux transparents.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille

Orientations (Suite)	Concepts prescrits
<p>Ondes (Suite)</p> <p>Lorsqu'une onde lumineuse arrive au contact d'un autre milieu transparent, une partie de la lumière est réfléchi. L'autre partie pénètre dans le milieu et elle est généralement déviée par rapport à sa direction originale.</p> <p>On trouve dans notre environnement naturel et artificiel des objets qui mettent en évidence cette propriété de la lumière. Deux groupes d'objets, appelés lentilles, sont à l'étude : les lentilles convergentes et divergentes. La compréhension visée du phénomène est qualitative.</p> <p>Note : Lors de l'étude de la réflexion, le travail est limité aux miroirs plans et les aspects quantitatifs sont abordés; lors de l'étude de la réfraction, les aspects quantitatifs ne sont pas abordés.</p>	

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Dimitri Mendeleïev Louis et Antoine Lumière Heinrich Hertz René Descartes Wilhem Conrad Röntgen	Musées de la science et de la technologie Clubs de loisir scientifique Facultés des sciences et de génie	Classification périodique des éléments Interventions médicales à l'aide de la fibre optique Systèmes de télécommunication	Prix Nobel Expo-sciences

Terre et espace (première année du cycle)

Les connaissances relatives à la Terre et à l'espace abordées au premier cycle ont permis à l'élève d'interpréter différents phénomènes terrestres et astronomiques et de prendre conscience de l'aspect dynamique de la Terre. Au cours de la première année du deuxième cycle, elles visent à le rendre apte à comprendre l'origine de la vie et l'apparition de l'espèce humaine à travers l'histoire de la Terre. L'introduction à l'étude des dimensions spatiale et tem-

porelle lui fournissent l'occasion d'établir des relations entre les processus associés au développement des êtres vivants et les caractéristiques physiques de notre planète. Il importera donc de traiter de l'échelle des temps géologiques, des grandes étapes du développement de la vie sur Terre ainsi que de la situation de l'humain à l'échelle de l'univers.

Orientations	Concepts prescrits
Terre	
<p>L'échelle des temps géologiques permet de mettre en relation les conditions environnementales qui existaient lors des grandes étapes du développement de la vie sur Terre. Elle débute avec la formation de la Terre, il y a plus de 4,55 milliards d'années. Après la formation de la croûte terrestre et des océans, au début du précambrien, les premières formes de vie (bactéries, procaryotes) apparaissent. Au cours du paléozoïque (ère primaire), les espèces vivantes prolifèrent et se diversifient. Cette ère est caractérisée par l'extinction massive de presque toutes les formes de vie marine et de près de 70 % des espèces terrestres à la fin du permien. Le mésozoïque (ère secondaire) voit régner les grands reptiles et les dinosaures. Le cénozoïque (ères tertiaire et quaternaire) débute avec la disparition des dinosaures, lors d'une autre extinction majeure (fin du crétacé). Les mammifères peuvent alors se diversifier et conquérir la Terre et les lignées des primates et des hominidés peuvent se développer. L'ère quaternaire est ponctuée de plusieurs grandes glaciations; de nombreux mammifères, tels les mammouths, s'éteignent. L'homme moderne évolue depuis quelques centaines de milliers d'années, mais ne se sédentarise qu'au cours des dix derniers millénaires.</p> <p>De nombreuses traces de ces changements demeurent inscrites dans les formations rocheuses ainsi que dans les fonds océaniques. Les fossiles constituent des traces d'organismes ayant vécu à différentes périodes. Dans une coupe de sol, les fossiles plus âgés sont habituellement ensevelis sous les fossiles plus jeunes. Leur disposition sert ainsi de repère pour la datation des couches stratigraphiques.</p> <p>Note : Étant donné la complexité de la taxonomie des espèces vivantes et de la nomenclature des temps géologiques, un apprentissage des principales divisions de ces systèmes de classification doit être visé. Par contre, l'étude de l'évolution biochimique des molécules prébiotiques menant aux cellules primitives n'est pas ciblée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Échelle des temps géologiques – Grands épisodes de l'histoire du vivant – Extinction d'espèces – Fossiles – Couches stratigraphiques

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Espace	
<p>Désireux de connaître l'univers dans lequel il évolue et d'en mesurer l'étendue, l'homme scrute la voûte céleste depuis la nuit des temps. L'unité astronomique constitue une première échelle utile pour comparer les orbites planétaires.</p> <p>Le système solaire fait partie d'un plus vaste ensemble d'étoiles, de gaz et de poussières, notre Galaxie, la Voie lactée. À cette échelle astronomique, les distances s'expriment en années-lumière. Si la lumière émise par le Soleil met huit secondes à atteindre la Terre, celle qui provient de l'étoile la plus proche met environ quatre ans à y parvenir. Au delà de la Voie lactée, les observations indiquent que des milliards de galaxies peuplent l'univers et qu'elles sont situées à des millions d'années-lumière de nous.</p> <p>Les théories actuellement admises suggèrent que la vie est apparue sur Terre au gré des transformations chimiques, sous des conditions propices telles que la présence d'eau, de sources d'énergie et d'une atmosphère gazeuse. Celle-ci a permis l'établissement du cycle de l'eau et nous protège des rayonnements nocifs. L'absence d'atmosphère autour d'une planète ou d'un satellite, comme la Lune, en fait un monde stérile qui ne peut supporter la vie. L'étude des conditions favorables au maintien de la vie permettra peut-être à l'espèce humaine de déceler un jour l'existence de formes de vie ailleurs dans l'univers.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Échelle de l'univers – Unité astronomique – Année-lumière – Situation de la Terre dans l'univers – Conditions favorables au développement de la vie

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Galileo Galilei Arthur Holmes Nicolas Copernic Hubert Reeves Johannes Kepler Edmond Halley Edwin Hubble	Parc national de Miguasha Observatoire du mont Mégantic Agence spatiale canadienne Planétarium de Montréal Cosmodôme de Laval Commission géologique du Canada	Programmes d'exploration spatiale Programme SETI Télescope spatial Hubble	Éclipse solaire Éclipse lunaire Impacts météoritiques Glaciations Formation du Bouclier canadien

Univers technologique (première année du cycle)

En première année du cycle, l'univers technologique est caractérisé par des concepts généraux liés au langage des lignes, à l'ingénierie, aux matériaux et à la biotechnologie. Les trois premiers concepts s'inscrivent dans une logique de connaissances essentielles et de pratiques déterminantes auxquelles on a recours quand vient le temps de concevoir des objets techniques et des systèmes technologiques ou de procéder à leur étude. Pour cette raison, on fera souvent appel tout au long du cycle aux mêmes informations et aux mêmes ressources pour résoudre un problème de conception ou d'analyse. Les aspects relatifs à la fabrication sont traités dans la section portant sur les techniques. Le quatrième concept général aborde une dimension qui nous interpelle de manière particulière : celle des technologies appliquées aux êtres et aux systèmes vivants.

Les objets, les systèmes, les produits et les procédés utilisés au quotidien et ceux qui ont un usage particulier tirent leur existence de la mise en pratique d'une diversité de savoirs. Ils sont de véritables fils conducteurs qui facilitent la compréhension, l'intégration et l'expérimentation de multiples concepts. L'univers technologique en propose déjà plusieurs à l'intérieur du seul thème *L'humain, un organisme vivant*. Les concepts prescrits qui se rattachent à l'ensemble des concepts généraux visent une meilleure compréhension du milieu de vie et une plus grande capacité d'agir sur lui.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Langage des lignes</p> <p>Fondé sur des modes de représentation géométrique conventionnels et relativement indissociable de l'invention et de l'innovation, le dessin technique est un langage qui permet de préciser, de fixer et de matérialiser sa pensée.</p> <p>La justification et la signification de toutes les lignes et les informations d'un dessin technique sont généralement associées à la géométrie et à divers principes relatifs aux échelles ou à différentes formes de représentation. La théorie de la projection orthogonale facilite, entre autres, le dessin de détail et la représentation isométrique. Le recours aux coupes est parfois nécessaire pour montrer les particularités d'une pièce. La cotation complète les informations sur les caractéristiques de chacune des composantes de l'objet ou du système. Enfin, conformément aux règles relatives à leur inscription, certains dessins renferment aussi des informations en rapport avec les standards de l'industrie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Tracés géométriques – Formes de représentation (croquis, perspective, projection oblique) – Lignes de base – Échelles – Projections orthogonales (vues multiples, isométrie) – Coupes – Cotation – Standards et représentations (schémas, symboles)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Ingénierie</p> <p>La conception ou l'analyse d'un objet technique ou d'un système technologique reposent sur l'appropriation de concepts fondamentaux liés à la mécanique et sur des pratiques de conception et d'analyse propres à l'ingénierie.</p> <p>En mécanique, ces concepts font référence aux liaisons des pièces et aux fonctions mécaniques les plus communes, de même qu'à la transmission et à la transformation du mouvement (modèles familiers de liaisons, de guidages et de mécanismes permettant un mouvement de rotation ou de translation). Dans la conception et l'analyse d'un objet ou d'un système, un tel bagage technique permet de justifier l'utilisation de formes et de matériaux, d'appliquer ou d'expliquer des principes de fonctionnement et d'exploiter ou de faire ressortir des solutions de construction.</p> <p>Plusieurs objets et systèmes qui répondent par leur fonction à des besoins de l'organisme humain comportent certains des éléments caractéristiques mentionnés ci-dessus. C'est le cas du stéthoscope, de l'inhalateur, du thermos, etc.</p>	<p>Mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Liaisons types des pièces mécaniques – Fonctions types – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)
<p>Matériaux</p> <p>Le fait qu'il soit possible d'agir sur les propriétés des matériaux s'avère un important incitatif pour en faire l'exploration et l'exploitation. L'utilisation appropriée d'un matériau suppose une bonne connaissance des éléments liés à ses caractéristiques fonctionnelles et à sa structure, ce qui permet d'avoir une idée juste de son comportement quand il est utilisé. Les concepts qui se rattachent aux métaux et au bois sous-tendent l'étude de leur composition, de leurs propriétés et de leurs caractéristiques d'utilisation.</p> <p>Sur le plan technologique, les métaux et alliages ferreux occupent une très grande place. Ils se trouvent sous une forme ou sous une autre dans plusieurs secteurs de l'activité humaine. L'évolution technique des civilisations est d'ailleurs étroitement liée au développement de ces métaux. Grâce à leurs propriétés et à la facilité relative de les obtenir et de les travailler, les métaux et alliages non ferreux entrent dans la fabrication de nombreux biens de consommation.</p> <p>Le bois demeure également un matériau très répandu. Bien que ses propriétés diffèrent d'une espèce à l'autre (résineux, feuillus), ses emplois sont multiples.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (traction, compression, torsion) – Propriétés mécaniques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Alliages à base de fer • Métaux et alliages non ferreux • Bois et bois modifiés

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Biotechnologie</p> <p>L'espoir mais aussi les craintes que suscitent les avancées spectaculaires de la biotechnologie commandent qu'on s'en préoccupe. L'étude des éléments de contenu en cause doit donc englober à la fois les aspects conceptuels, éthiques et pratiques, notamment les procédés auxquels il faudra accorder une grande place. Certains seront examinés plus attentivement : la pasteurisation, la fabrication du vaccin, la procréation médicalement assistée, la culture cellulaire et la transformation génétique.</p> <p>La pasteurisation permet d'éviter l'altération des produits alimentaires et de conserver leurs propriétés nutritives. Le procédé est exploité depuis longtemps, notamment pour le traitement du lait et des jus de fruits.</p> <p>Le but principal du vaccin est de permettre la fabrication, par le corps, d'agents biologiques naturels ciblés qui renforcent les défenses de l'organisme devant des éléments pathogènes identifiés.</p> <p>La fécondation <i>in vitro</i> (FIV) et l'insémination artificielle ont donné lieu à une véritable révolution dans le traitement de la stérilité tout en permettant de mieux comprendre les mécanismes de la procréation humaine. Ces procédés soulèvent des questions d'ordre éthique qu'il est important d'aborder.</p> <p>L'étude de la cellule doit inclure le cas des cellules cultivées et toucher la façon de les obtenir, leur croissance, leur comportement et leur conservation. D'autres aspects, tels que la stérilisation du matériel utilisé, les caractéristiques des milieux de cultures, les paramètres physicochimiques et les normes éthiques, doivent aussi être pris en considération.</p> <p>La transformation génétique peut être effectuée sur de nombreuses espèces végétales et animales. Le génie génétique joue aujourd'hui un rôle important. En médecine, la thérapie génique a déjà été expérimentée, entre autres dans le traitement de divers cancers. En agriculture, des plantes génétiquement modifiées, telles que la betterave et le colza, possèdent des propriétés de résistance à des insectes nuisibles et de tolérance à certains herbicides. En alimentation, les percées sont de plus en plus nombreuses (enrichissement du riz en vitamine A, modification en acides gras des huiles, etc.). Il importe d'examiner également la réglementation et les contrôles qui encadrent ce secteur d'activité.</p> <p>Lors de l'étude des concepts liés aux OGM, il est important de garder à l'esprit que bien des avenues restent encore inexplorées, ce qui devrait justifier une approche prudente à leur sujet. Il suffit de penser à l'ensemble du génome qui n'est pas encore codifié et dont on ne comprend pas encore toutes les dimensions. L'intervention sur les gènes peut également amener de nouvelles résistances à divers virus et bactéries. Dans le domaine de l'agroalimentaire, la présence de nouvelles espèces transgéniques modifie la dynamique des réseaux alimentaires, ce qui a directement ou indirectement de nombreux impacts à divers niveaux de la pyramide alimentaire. Tous les effets potentiels sur la santé, particulièrement en ce qui concerne le système immunitaire et les nouvelles protéines métabolisées, sont loin d'avoir été mis au jour, ce qui constitue un défi pour le monde de la recherche scientifique et technologique.</p>	<p>– Procédés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pasteurisation • Fabrication du vaccin • Procréation médicalement assistée • Culture cellulaire • Transformation génétique (OGM)

Repères culturels possibles

Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Alexandre Graham Bell Henri Bessemer John Dunlop Guglielmo Marconi Gustave Eiffel Gregor Mendel Louis Pasteur	Invention Québec Écoles et facultés de génie Centre de recherche industrielle du Québec Institut Armand-Frappier	Conservation des aliments Matières plastiques Manipulations génétiques	Imprimerie Expositions universelles Projet du génome humain

Exemples d'objets, de systèmes et de produits liés au thème

- Équipements et procédés de transformation, de production et de conservation de divers aliments : sucre, farine de blé, pain, pâtes, laits traités, beurre pasteurisé, fromages, yogourts, margarines, huiles alimentaires, cacao, chocolat, café, jus de fruits, boissons énergisantes, conserves, etc.
- Appareils culinaires (préparation, cuisson, etc.)
- Enzymes
- Nutraceutiques (produits préventifs et curatifs), vitamines, médicaments, vaccins
- Inhalateur, masque à gaz, poumon artificiel, cœur artificiel, simulateur cardiaque, incubateur
- Prothèses (membres ou organes) : cristallin, implant, disque lombaire, etc.
- Équipement adapté : chaise roulante, marchette, etc.
- Produits d'hygiène et de beauté : savon, shampoing, crèmes, huiles, parfums, etc.
- Objets du quotidien : sèche-cheveux, rasoir, brosse à dents, ciseaux, balance, horloge, etc.
- Robinet, filtre, condenseur, dessiccateur
- Appareils sanitaires (salle de bains), sauna, bain à remous
- Appareils d'exercices et de renforcement musculaire
- Thermomètre, thermos, réfrigérateur, climatiseur
- Système de chauffage (à circulation d'eau ou d'air) d'une maison, manomètre
- Stéthoscope, sphymomanomètre
- Lentille, lunettes, jumelles, microscope
- Four à micro-ondes
- Appareils d'imagerie par résonance magnétique, rayon X, laser, ultrasons (échographie), tomodynamomètre
- Télévision, caméra, ordinateur, etc.

TABLEAU SYNTHÈSE DES CONCEPTS PRESCRITS (PREMIÈRE ANNÉE DU CYCLE)

Univers vivant	Univers matériel	Terre et espace	Univers technologique
<p>DIVISION CELLULAIRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – ADN – Mitose – Fonctions de la division cellulaire (reproduction, croissance, régénération) – Méiose et cycle de développement sexué (méiose, fécondation) – Diversité génétique <p>TISSUS, ORGANES ET SYSTÈMES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tissus – Organes – Systèmes <p>SYSTÈMES</p> <p>FONCTION DE NUTRITION</p> <p>SYSTÈME DIGESTIF</p> <ul style="list-style-type: none"> – Types d'aliments (eau, protides, glucides, lipides, vitamines, minéraux) – Valeur énergétique des aliments – Tube digestif (bouche, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus) – Transformation des aliments (mécanique, chimique) – Glandes digestives (glandes salivaires, glandes gastriques, pancréas, foie, glandes intestinales) <p>SYSTÈMES CIRCULATOIRE ET RESPIRATOIRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système respiratoire (fosses nasales, pharynx, trachée, bronches, poumons) – Fonctions des constituants du sang (plasma, éléments figurés) – Compatibilité des groupes sanguins – Système circulatoire (voies de circulation, types de vaisseaux) – Système lymphatique (lympe, anticorps) 	<p>PROPRIÉTÉS DE LA MATIÈRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés physiques caractéristiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique • Solubilité – Propriétés chimiques caractéristiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions <ul style="list-style-type: none"> • Concentration • Soluté • Solvant <p>TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> • Dissolution • Dilution • Changement de phase – Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Décomposition et synthèse • Oxydation • Précipitation – Formes d'énergie (chimique, thermique, mécanique, rayonnante) – Modèle particulaire <p>ORGANISATION DE LA MATIÈRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes <p>FLUIDES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fluides compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume 	<p>TERRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Échelle des temps géologiques – Grands épisodes de l'histoire du vivant – Extinction d'espèces – Fossiles – Couches stratigraphiques <p>ESPACE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Échelle de l'univers – Unité astronomique – Année-lumière – Situation de la Terre dans l'univers – Conditions favorables au développement de la vie 	<p>LANGAGE DES LIGNES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tracés géométriques – Formes de représentation (croquis, perspective, projection oblique) – Lignes de base – Échelles – Projections orthogonales (vues multiples, isométrie) – Coupes – Cotation – Standards et représentations (schémas, symboles) <p>INGÉNIERIE MÉCANIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Liaisons types des pièces mécaniques – Fonctions types – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Fonction, composantes et utilisation des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Univers vivant	Univers matériel	Terre et espace	Univers technologique
<p>SYSTÈME EXCRÉTEUR</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système urinaire (reins, uretères, vessie, urètre) – Composants de l’urine (eau, sels minéraux, urée) – Maintien de l’équilibre sanguin (reins, poumons, glandes sudoripares) <p>FONCTION DE RELATION</p> <p>SYSTÈMES NERVEUX ET MUSCULOSQUELETTIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système nerveux central (encéphale, moelle épinière) – Système nerveux périphérique (nerfs) <ul style="list-style-type: none"> • Neurone (synapse, axone, dendrite) • Influx nerveux (acte volontaire, arc réflexe) – Récepteurs sensoriels (œil, oreille, peau, langue, nez) – Système musculosquelettique (os, articulations, muscles) <ul style="list-style-type: none"> • Fonctions des os, des articulations et des muscles • Types de muscles • Types de mouvements articulaires <p>FONCTION DE REPRODUCTION</p> <p>SYSTÈME REPRODUCTEUR</p> <ul style="list-style-type: none"> – Puberté (fille et garçon) – Régulation hormonale chez l’homme <ul style="list-style-type: none"> • Spermatogenèse • Érection • Éjaculation – Régulation hormonale chez la femme <ul style="list-style-type: none"> • Ovogenèse • Cycle ovarien • Cycle menstruel 	<p>ONDES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d’onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d’une lentille 		<p>MATÉRIAUX</p> <ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (traction, compression, torsion) – Propriétés mécaniques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Alliages à base de fer • Métaux et alliages non ferreux • Bois et bois modifiés <p>BIOTECHNOLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Procédés : <ul style="list-style-type: none"> • Pasteurisation • Fabrication du vaccin • Procréation médicalement assistée • Culture cellulaire • Transformation génétique (OGM)

Concepts prescrits (deuxième année du cycle)

Les concepts prescrits pour la deuxième année s'organisent autour de quatre problématiques environnementales : les changements climatiques; le défi énergétique de l'humanité; l'eau potable; et la déforestation.

Le contenu du programme de science et technologie de deuxième année s'organise autour de quatre problématiques environnementales. On trouvera donc, avant la présentation des tableaux regroupant les concepts et les orientations propres à chaque univers, une description très générale de ces problématiques, accompagnée d'un tableau répartissant les éléments de contenu par univers.

Les changements climatiques

La problématique environnementale des changements climatiques constitue un des défis majeurs pour l'avenir de l'humanité. Les changements climatiques se manifestent notamment par une élévation de la température moyenne de la Terre. Plusieurs théories tentent d'en expliquer les causes, mais l'amplification de l'effet de serre est pour l'instant la plus acceptée dans la communauté scientifique.

L'effet de serre est d'abord un phénomène naturel. La lumière du Soleil passe à travers l'atmosphère terrestre, réchauffe la surface du globe qui émet en retour de la chaleur vers l'espace. Ce rayonnement infrarouge est en partie absorbé par certains gaz et la vapeur d'eau présents dans l'atmosphère, ce qui le retient au voisinage de la Terre. En l'absence de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane et oxyde nitreux), la plus grande partie de la chaleur pénétrant dans l'atmosphère terrestre serait rapidement retournée dans l'espace, et la température moyenne de la Terre serait de -18°C au lieu de 15°C .

La concentration des gaz à effet de serre a varié au cours de l'histoire de la Terre. Toutefois, il semble que la quantité de dioxyde de carbone et de méthane n'aurait jamais été aussi élevée depuis 420 000 ans et celle d'oxyde nitreux, depuis au moins un millénaire. Les concentrations de ces gaz ont augmenté rapidement depuis le début de l'industrialisation caractérisée par une hausse de la demande en énergie, par une certaine croissance démographique et par des changements dans l'utilisation du territoire. En brûlant d'énormes quantités de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) qui génèrent une importante quantité de CO_2 et en poursuivant la

déforestation qui réduit les processus naturels de transformation du CO_2 , on accentue l'effet de serre naturel et on observe une hausse de la température moyenne de la surface du globe.

Ce réchauffement planétaire, vraisemblablement lié à une augmentation de l'effet de serre, cause des changements dans l'ensemble des paramètres du climat puisqu'il déclenche des modifications de la circulation atmosphérique et océanique. Les conséquences anticipées ou déjà observables des changements climatiques sont multiples. Mentionnons, à titre d'exemples, la modification du régime

des précipitations, l'augmentation de la prévalence de certains phénomènes météorologiques extrêmes et le dégel du pergélisol. On anticipe également une accélération de la fonte des glaciers et des banquises qui provoquerait l'augmentation du niveau des océans. Cette hausse de niveau entraînerait des inondations et favoriserait l'érosion des côtes, ce qui impliquerait le déplacement de certaines populations ou un aménagement différent du territoire. Ces changements environnementaux ont inévitablement une grande influence sur les activités socioéconomiques de toutes les sociétés. La foresterie, les pêches, la gestion de l'eau, le tourisme, la production et la consommation d'énergie sont particulièrement touchés.

Au Québec, les changements climatiques pourraient se manifester, entre autres, par une diminution de la qualité de l'eau, ce qui est susceptible d'influer sur la santé humaine et sur l'équilibre des écosystèmes, ainsi que par des fluctuations du niveau des Grands Lacs et du débit du fleuve Saint-Laurent. Ces fluctuations auraient des conséquences diverses dans l'industrie du transport sur la Voie maritime du Saint-Laurent. Elles provoqueraient aussi des perturbations dans divers écosystèmes, comme la perte d'habitats ou la détérioration des conditions de vie de certaines espèces de poissons. La variation des quantités de précipitations influencerait certainement la productivité agricole et la biodiversité au Québec. De plus, l'érosion des côtes et l'alternance accrue des périodes de gel et de dégel auraient des impacts sur le réseau de transport routier. Enfin, la fonte du pergélisol pourrait rendre instables les sols du Grand Nord, entraînant des conséquences pour les populations vivant sur ces territoires.

L'étude de diverses problématiques environnementales vise à responsabiliser l'élève à l'égard de l'environnement dans lequel il évolue et intervient.

Univers vivant

ÉCOLOGIE

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique

Univers technologique*

EXEMPLES D'OBJETS, DE SYSTÈMES, DE PRODUITS ET DE PROCÉDÉS

- Ressources (cartes et photographies aériennes)
- Pluviomètre, thermomètre, baromètre, anémomètre, hygromètre
- Sondes
- Radar, sonar
- Satellites de communication
- Sismographe
- Compteur Geiger
- Équipement de collecte et de traitement des déchets (verre, plastique, pneus, etc.)
- Système antipollution des gaz d'échappement d'un véhicule motorisé

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Terre et espace

CYCLE BIOGÉOCHIMIQUE

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote

RÉGIONS CLIMATIQUES

- Facteurs influençant la distribution des biomes
- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

LITHOSPHERE

- Pergélisol

HYDROSPHERE

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Salinité
- Glacier et banquise

ATMOSPHERE

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique
- Masse d'air
- Cyclone et anticyclone

ESPACE

- Flux d'énergie émis par le Soleil

Univers matériel

TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

- Combustion
- Photosynthèse et respiration
- Balancement d'équations chimiques

ORGANISATION DE LA MATIÈRE

- Modèle atomique de Rutherford-Bohr
- Notation de Lewis
- Familles et périodes du tableau périodique

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE

- Distinction entre chaleur et température

* Quelle que soit la problématique environnementale en cause, les concepts propres à l'univers technologique peuvent être mobilisés.

Le défi énergétique de l'humanité

La maîtrise de l'énergie a été un facteur important dans le développement de l'humanité. Elle a permis à l'homme d'étendre son emprise sur la Terre entière et de partir à la découverte de l'espace. L'histoire des siècles passés se caractérise notamment par la façon dont il a relevé divers défis énergétiques.

Les temps modernes se distinguent maintenant par un recours à des ressources énergétiques de moins en moins renouvelables et très souvent polluantes. L'utilisation de ces ressources a des impacts écologiques, notamment climatiques, aux vastes conséquences, ce qui amène à s'interroger sur les limites adaptatives de l'environnement terrestre. De plus, l'accroissement démographique soulève la question de la suffisance des ressources énergétiques par rapport à la demande liée aux différentes activités humaines (besoins quotidiens des particuliers, production industrielle, transport, etc.). De manière simplifiée, le défi consiste, d'une part, à assurer les besoins de l'humanité en énergie tout en réduisant les impacts environnementaux et, d'autre part, à veiller à une gestion prudente et responsable des ressources non renouvelables.

Face à ces défis, plusieurs réponses doivent être simultanément envisagées telles que la réduction de la demande, l'augmentation de l'efficacité énergétique des outils, appareils et véhicules, la diversification des sources d'énergie, l'accentuation de la recherche et du développement technologique en matière d'énergies alternatives, le recours au nucléaire⁸, etc.

Au Québec, cette problématique est notamment alimentée par les enjeux locaux et régionaux liés au développement de l'hydroélectricité, au déploiement de parcs éoliens, à la poursuite ou non de la filière nucléaire et au développement d'énergies alternatives telles que l'énergie de la biomasse, l'énergie solaire, géothermique, marémotrice, etc.

8. L'énergie nucléaire est à l'étude dans le programme optionnel de science et technologie offert en 4^e secondaire. Aussi peut-on en faire mention ici, mais il serait préférable de ne pas en faire spécifiquement l'étude.

Univers vivant

ÉCOLOGIE

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique

Univers technologique*

EXEMPLES D'OBJETS, DE SYSTÈMES, DE PRODUITS ET DE PROCÉDÉS

- Électricité : centrale thermique, centrale hydraulique, centrale solaire
- Éolienne
- Pétrole : puits, plateforme, raffinerie
- Moteur à combustion interne
- Moteur électrique
- Turbine
- Accumulateurs

LE DÉFI ÉNERGÉTIQUE DE L'HUMANITÉ

Terre et espace

CYCLE BIOGÉOCHIMIQUE

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote

RÉGIONS CLIMATIQUES

- Facteurs influençant la distribution des biomes
- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

LITHOSPHERE

- Minéraux
- Ressources énergétiques

HYDROSPHERE

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Ressources énergétiques

ATMOSPHERE

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique
- Masse d'air
- Cyclone et anticyclone
- Ressources énergétiques

ESPACE

- Flux d'énergie émis par le Soleil
- Système Terre-Lune (effet gravitationnel)

Univers matériel

TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

- Combustion
- Photosynthèse et respiration
- Réaction de neutralisation acidobasique
- Balancement d'équations chimiques
- Loi de conservation de la masse

ORGANISATION DE LA MATIÈRE

- Modèle atomique de Rutherford-Bohr
- Notation de Lewis
- Familles et périodes du tableau périodique

ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTROMAGNÉTISME

- Charge électrique
- Électricité statique
- Loi d'Ohm
- Circuits électriques
- Relation entre puissance et énergie électrique
- Forces d'attraction et de répulsion
- Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE

- Distinction entre chaleur et température
- Loi de la conservation de l'énergie
- Rendement énergétique

* Quelle que soit la problématique environnementale en cause, les concepts propres à l'univers technologique peuvent être mobilisés.

L'eau potable

L'eau est une substance de base et une ressource naturelle très précieuse, dont les usages domestiques, agricoles, industriels, urbains et dans le domaine des loisirs sont considérables. En raison de son importance vitale, les Nations Unies ont décrété que l'accès à l'eau potable est un droit humain fondamental.

Même si notre planète est parfois surnommée la *planète bleue* parce que l'eau y est très répandue, une très faible proportion de cette eau est facilement accessible aux humains. L'eau salée est impropre à la consommation, voire toxique, si elle est consommée avec excès. Ne reste alors que l'eau naturellement douce, en beaucoup plus faible quantité, inégalement distribuée à la surface de la Terre et souvent difficile d'accès, qu'elle soit emprisonnée dans les glaciers continentaux ou dans les nappes phréatiques.

L'eau douce est une ressource rare et sa rareté est d'autant plus préoccupante qu'elle est combinée aux problématiques de pollution et de gaspillage. Un léger déséquilibre dans ses caractéristiques suffit à la rendre impropre à la consommation. La présence d'une carcasse d'animal en décomposition, la faible variation de son pH ou la contamination par quelques parties par million de métaux lourds peuvent la rendre nocive. De nos jours, malgré les lois et règlements en vigueur, plusieurs sources d'eau douce sont mondialement polluées par différents rejets chimiques toxiques qui souvent provoquent une prolifération de micro-organismes néfastes pour la santé.

Combiné à la contamination, le gaspillage de l'eau douce constitue un autre enjeu important dans la problématique de l'eau potable. En effet, un Nord-Américain consomme en moyenne quelques centaines de milliers de litres d'eau par an, dont plus de la moitié est gaspillée, alors qu'un être humain n'a vraiment besoin que d'une dizaine de milliers de litres d'eau par an pour vivre.

Le Québec comporte un réseau hydrographique important qui est considéré comme une réserve mondiale en eau potable. Une politique gouvernementale vise à protéger et à mettre en valeur ce patrimoine hydrique.

Univers vivant

ÉCOLOGIE

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique

Univers technologique*

EXEMPLES D'OBJETS, DE SYSTÈMES, DE PRODUITS ET DE PROCÉDÉS

- Usine de traitement de l'eau potable
- Usine de traitement de l'eau salée
- Station de traitement des eaux usées
- Alimentation en eau (réseau de circulation et de distribution)
- Puits artésien, moulin hydraulique
- Château d'eau, bassin
- Camion-citerne
- Appareils hydrauliques
- Pompe, vanne
- Arrosoir
- Compteur (consommation d'eau)
- Équipements et procédés d'embouteillage
- Contenants (bonbonne, bouteille, canette, etc.)
- Systèmes d'irrigation des sols
- Aqueduc
- Écluse, digue

L'EAU POTABLE

Terre et espace

RÉGIONS CLIMATIQUES

- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

HYDROSPHÈRE

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Salinité
- Glacier et banquise

ATMOSPHÈRE

- Circulation atmosphérique

Univers matériel

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES SOLUTIONS

- Concentration (ppm)
- Électrolytes
- Échelle pH
- Dissociation électrolytique
- Ions
- Conductibilité électrique

TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

- Réaction de neutralisation acidobasique
- Balancement d'équations chimiques

ORGANISATION DE LA MATIÈRE

- Modèle atomique de Rutherford-Bohr
- Notation de Lewis
- Familles et périodes du tableau périodique

* Quelle que soit la problématique environnementale en cause, les concepts propres à l'univers technologique peuvent être mobilisés.

La déforestation

Les forêts sont des trésors naturels de la Terre. Elles font partie du paysage planétaire depuis des milliers d'années et contribuent aux processus écologiques et climatiques dont la biodiversité et la vie humaine dépendent.

Sur tous les continents, de grandes superficies forestières ont été déboisées au fil des siècles pour répondre aux besoins alimentaires des communautés et pour leur expansion urbaine comme les développements de quartiers résidentiels et industriels. La réduction des surfaces couvertes de forêt et le remplacement permanent de celle-ci pour un autre usage est ce qu'on appelle « déforestation ».

D'autre part, de grandes superficies forestières conservent leur vocation originelle malgré des transformations temporaires qu'apportent la récolte forestière ou les perturbations naturelles.

Au fil des ans, le couvert forestier mondial subit diverses perturbations naturelles, comme les feux, les insectes défoliateurs et le verglas. De tels événements font partie intégrante de la dynamique de régénération des forêts et contribue, avec la récolte forestière, à rajeunir la forêt et à assurer sa viabilité.

La déforestation observée dans certains pays d'Amérique du Sud, d'Asie ou d'Afrique a des conséquences considérables sur l'environnement et sur les sociétés. Elle a d'abord des effets négatifs sur la biodiversité, puisque les forêts abritent la majorité des plantes et des animaux de la planète. Elle a également un impact majeur sur les changements climatiques, car les arbres en pleine croissance fixent le carbone en eux et libèrent l'oxygène. Les arbres transformés en matériaux conservent en eux ce carbone (puits de carbone) et les arbres qui meurent et se décomposent ou brûlent vont plutôt le libérer (carbone neutre).

Par ailleurs, les forêts règlent le débit des cours d'eau en absorbant l'excès des eaux de pluie, qui est graduellement libéré par la suite. Enfin, elles réduisent la force des vents qui dessèchent et érodent les sols, ce qui a pour conséquence, outre une perte de fertilité, l'aggravation des dégâts causés par les catastrophes naturelles. Dans certains milieux, la déforestation constitue, pour cette raison, un premier pas vers la désertification.

La déforestation touche directement des centaines de millions de personnes dans le monde qui vivent en forêt ou à l'orée de celles-ci. Les forêts permettent à ces populations de satisfaire leurs besoins primaires en leur fournissant de la nourriture et du bois pour la construction et le chauffage.

Au Québec, la forêt est une ressource importante. Divers moyens sont mis en place pour la protéger. Son aménagement forestier durable et la création d'aires protégées permettent de tenir compte des autres ressources de la forêt comme la faune, l'eau et les paysages.

Univers vivant

ÉCOLOGIE

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique

Univers technologique*

EXEMPLES D'OBJETS, DE SYSTÈMES, DE PRODUITS ET DE PROCÉDÉS

- Barrage
- Route, autoroute
- Pont, tunnel
- Signalisation routière
- Éclairage public

LA DÉFORESTATION

Terre et espace

CYCLE BIOGÉOCHIMIQUE

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote

RÉGIONS CLIMATIQUES

- Facteurs influençant la distribution des biomes
- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

LITHOSPHERE

- Minéraux
- Ressources énergétiques

HYDROSPHERE

- Bassin versant
- Circulation océanique

ATMOSPHERE

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique

ESPACE

- Flux d'énergie émis par le Soleil

Univers matériel

TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

- Combustion
- Photosynthèse et respiration
- Balancement d'équations chimiques

ORGANISATION DE LA MATIÈRE

- Modèle atomique de Rutherford-Bohr
- Notation de Lewis
- Familles et périodes du tableau périodique

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE

- Distinction entre chaleur et température
- Loi de la conservation de l'énergie

* Quelle que soit la problématique environnementale en cause, les concepts propres à l'univers technologique peuvent être mobilisés.

Univers vivant (deuxième année du cycle)

Au deuxième cycle du secondaire, les concepts liés à l'écologie sont indispensables pour en arriver à une compréhension approfondie des problématiques environnementales. Cette étude s'articule autour de trois concepts princi-

aux que sont les populations, la dynamique des communautés et celle des écosystèmes.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Écologie</p> <p>Plusieurs individus de la même espèce qui occupent le même territoire forment une population. Chaque population est caractérisée par la façon dont elle est distribuée sur un territoire ainsi que par sa densité. L'influence des facteurs abiotiques et biotiques est déterminante dans l'étude de la dynamique des populations. Plusieurs de ces facteurs tels que la natalité, la mortalité, l'immigration et l'émigration jouent un rôle important dans les cycles biologiques de ces populations. Par ailleurs, la reproduction et la survie des individus sont étroitement liées à l'accessibilité aux ressources du milieu.</p> <p>Une population n'est jamais seule à occuper un territoire. Plusieurs types d'interactions biotiques se produisent entre ces populations qui constituent alors une communauté. Chaque communauté se caractérise par une structure trophique et une abondance relative des espèces qui la composent (biodiversité). La structure trophique, définie par les relations entre les organismes qui forment des réseaux alimentaires, est déterminante pour expliquer la dynamique des communautés. Ces réseaux alimentaires sont influencés à la fois par les nutriments disponibles à la base de la chaîne alimentaire et par les grands prédateurs au sommet de la pyramide alimentaire. Des modifications dans la structure et la composition des communautés surviennent lorsque des perturbations provoquent un déséquilibre. Dès lors, une série de changements s'opèrent progressivement afin de rétablir l'équilibre dans la communauté : on parle alors de successions écologiques. L'action des humains et les catastrophes naturelles sont les principaux agents de perturbation au sein des communautés.</p> <p>Un autre facteur peut jouer un rôle important dans la perturbation des relations au sein des communautés. Il s'agit de la présence de micro-organismes pathogènes dans l'environnement (bactéries, virus, champignons, parasites). Certains de ces agents peuvent avoir un effet allergisant, toxique ou même mortel dans certains cas.</p> <p>Quant aux écosystèmes, ils se caractérisent tous par les relations qu'entretiennent les organismes d'une communauté avec les facteurs abiotiques du milieu. Grâce à l'action des organismes autotrophes, l'énergie entre dans l'écosystème et est transformée en matière organique. Cette productivité primaire (biomasse) a une influence sur la quantité d'énergie totale de l'écosystème. L'énergie solaire qui est convertie en énergie chimique est transmise d'un niveau trophique à un autre par l'intermédiaire de la nourriture et dissipée sous forme de chaleur. À tous les niveaux trophiques, des processus biologiques et géologiques rendent possible la remise en circulation des divers nutriments : on parle alors de recyclage chimique. L'action des micro-organismes et des décomposeurs est cruciale dans le processus de décomposition organique qui permet la remise en circulation des divers éléments inorganiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Étude des populations (densité, cycles biologiques) – Dynamique des communautés <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité • Perturbations – Dynamique des écosystèmes <ul style="list-style-type: none"> • Relations trophiques • Productivité primaire • Flux de matière et d'énergie • Recyclage chimique

Orientations (Suite)	Concepts prescrits
<p>Écologie (Suite)</p> <p>L'étude des changements climatiques et celle du défi énergétique de l'humanité sont particulièrement pertinentes pour comprendre la circulation de l'énergie et le recyclage de la matière au sein des écosystèmes.</p> <p>Note : L'étude des micro-organismes et des décomposeurs doit se limiter à leur rôle dans l'étude des cycles de décomposition organique et de la remise en circulation des nutriments. Il ne s'agit pas d'en étudier la taxonomie.</p>	

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Charles Darwin Alfred Wallace Hermann Müller Alfred Hershey Martha Chase	Musées des sciences naturelles Biodôme de Montréal Aires protégées Jardins zoologiques Réserves mondiales de l'UNESCO Groupes environnementaux	Activités de dépollution Protection de l'environnement	Découverte de la structure de l'ADN Grandes expéditions scientifiques

Univers matériel (deuxième année du cycle)

Pour la deuxième année du deuxième cycle du secondaire, les concepts prescrits en ce qui a trait à l'univers matériel sont regroupés autour de cinq concepts généraux. Ils ont été sélectionnés sur la base de leur fonction pour l'étude des quatre problématiques environnementales retenues.

Le premier concept général concerne les *Propriétés physiques des solutions*, abordées au premier cycle, qu'il s'agit d'étudier plus en profondeur en ciblant plus spécifiquement les solutions aqueuses d'acides, de bases et de sels. Le thème relatif à l'eau potable sera à cet égard particulièrement porteur. En effet, l'eau brute, une ressource finie et recyclable, est présente sur Terre sous la forme de solutions. Elle n'est jamais pure et sa qualité varie selon les espaces qu'elle traverse. De plus en plus, les eaux brutes sont contaminées par des polluants résultant de l'activité humaine. Des traitements (biologiques, physiques et chimiques) appropriés peuvent les rendre à nouveau potables. À long terme, cependant, la restauration des sites qu'elles traversent est souvent moins coûteuse que leur assainissement.

Le second concept général, *Transformations chimiques*, renvoie à un concept prescrit du premier cycle. Qu'il s'agisse de traiter les eaux brutes, de comprendre les impacts de la déforestation et des changements climatiques, ou encore de réfléchir au défi énergétique de l'humanité, diverses transformations chimiques seront au cœur des apprentissages.

L'exploration des transformations chimiques qui se produisent dans l'environnement permet d'élaborer de nouvelles hypothèses relatives à l'*Organisation*

de la matière, qui constitue le troisième concept général. Ces transformations sont examinées sous trois aspects, soit celui de l'élaboration de la théorie de la dissociation ionique, celui de la mise en évidence du pouvoir combinatoire des atomes et celui de la formulation de nouvelles hypothèses à propos de l'organisation de la matière.

Le quatrième concept général, *Électricité et électromagnétisme*, fait référence aux phénomènes électriques simples. Ceux-ci sont l'occasion d'expliquer la conductibilité de l'eau tout en se prêtant à une introduction même brève de l'électromagnétisme et à des activités liées à l'univers technologique.

Le cinquième concept général concerne les *Transformations de l'énergie* et le principe de sa conservation. Les thèmes portant sur le changement climatique et sur le défi énergétique seront particulièrement appropriés pour explorer ce concept. En effet, le premier traite de l'urgence d'agir pour réduire la consommation d'énergie fossile et la déforestation, et le second aborde le fait qu'une solution de rechange viable consisterait à mettre au point une variété de modes de transformation de diverses énergies renouvelables.

Les concepts généraux sont donc abordés comme des ressources à mobiliser dans le développement des thèmes du programme. L'univers matériel prend une place de plus en plus importante, non seulement parce que la compréhension des concepts abordés au cours des années antérieures doit être poussée plus loin pour les besoins des thématiques, mais aussi parce que certaines notions sont fréquemment sollicitées lors de l'étude de l'univers technologique.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Propriétés physiques des solutions</p> <p>Dans l’environnement, la matière est généralement présente sous la forme de mélanges dont plusieurs sont des solutions aqueuses. La propriété de l’eau de dissoudre de nombreuses substances est essentielle à la compréhension de nombreux phénomènes vitaux et environnementaux. Une attention particulière sera portée aux propriétés des solutions aqueuses d’acides, de bases et de sels. Ces solutions se définissent par leurs propriétés mesurables et observables.</p> <p>Les propriétés physiques des solutions aqueuses varient selon les constituants et selon leurs proportions. La solubilité d’un solide ou d’un gaz s’exprime en grammes de soluté pour un volume donné de solvant. Elle varie notamment selon la température. La concentration s’exprime en grammes de soluté par litre de solution, en parties par million (ppm) ou en pourcentage. Au cours du cycle naturel de l’eau, la dissolution, la dilution et l’évaporation causent des variations de concentration des substances dissoutes.</p> <p>Certaines substances en solution dans l’eau permettent le passage du courant. Ce sont les électrolytes. Ils sont dits forts ou faibles selon leur conductibilité électrique lorsqu’ils sont dissous dans l’eau. La transformation physique qui s’opère lors de la mise en solution dans l’eau et la conductibilité électrique des solutions d’électrolytes s’expliquent par la dissociation des molécules d’électrolytes en ions.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Concentration (ppm) – Électrolytes – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique
<p>Transformations chimiques</p> <p>Les propriétés chimiques d’une substance ou d’un groupe de substances sont en rapport avec leurs transformations chimiques particulières au contact l’une de l’autre. Les produits de ces transformations étant différents des réactifs, ils seront caractérisés par d’autres propriétés. Le nombre d’atomes de chaque élément et leur masse se conservent toutefois. Sur cette base, des équations chimiques sont balancées.</p> <p>Diverses réactions chimiques, en rapport avec chacun des thèmes, sont examinées. Elles mettent en évidence le fait que les atomes de différents éléments et les ions ont un pouvoir combinatoire déterminé en relation avec leur structure.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – Balancement d’équations chimiques – Loi de conservation de la masse
<p>Organisation de la matière</p> <p>Au cours de l’histoire, différents modèles d’organisation de la matière ont été proposés pour expliquer ses propriétés et ses transformations. Le modèle atomique de Rutherford-Bohr est abordé en tenant compte de l’existence de deux types de particules (protons et électrons) et de leur organisation. Le noyau est constitué, entre autres, de protons. Les électrons, en nombre égal à celui des protons, circulent autour du noyau.</p> <p>Le tableau de classification des éléments recèle une foule d’informations. Certaines sont utilisées pour expliquer des propriétés des métaux, des non-métaux et des métalloïdes, et pour prévoir des comportements en mettant en relation la structure atomique et les propriétés des éléments.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – Familles et périodes du tableau périodique

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Électricité et électromagnétisme</p> <p>La connaissance de la matière présente dans l’environnement passe aussi par l’exploration de ses propriétés électriques. En effet, des charges électriques peuvent apparaître sur certaines matières neutres à la suite de leur frottement avec un objet constitué d’une autre matière. Ces charges subissent une force d’attraction lorsqu’elles sont de signes contraires et une force de répulsion lorsqu’elles sont de même signe. L’apparition de charges électriques s’explique par la mobilité des charges négatives (les électrons) et par leur accumulation à la surface de certaines substances. L’affinité de différents matériaux pour les électrons permet d’expliquer plusieurs phénomènes électriques observés dans la vie quotidienne.</p> <p>Certains éléments et matériaux sont de bons conducteurs d’électricité. Ils sont utilisés pour transmettre le mouvement des électrons dans des circuits électriques. Les circuits électriques examinés peuvent être constitués de divers éléments reliés en série ou en parallèle. La loi d’Ohm établit la relation entre la tension, la résistance et l’intensité du courant dans un circuit. À ces grandeurs sont associées des unités de mesure.</p> <p>Certains éléments des circuits transforment également une partie de l’énergie électrique en une autre forme d’énergie. Des relations sont établies entre l’énergie électrique consommée et la tension du circuit, l’intensité du courant et le temps. Quant à la puissance électrique d’un appareil, elle est déterminée par sa consommation d’énergie par unité de temps. À ces grandeurs sont associées des unités de mesure. L’apprentissage ne doit pas se limiter à un formalisme mathématique, mais doit inclure la compréhension qualitative des relations.</p> <p>La connaissance de la matière passe également par l’exploration de ses propriétés magnétiques. Certaines matières ont la propriété de créer un champ magnétique. Des pôles de mêmes noms se repoussent, alors que des pôles de noms différents s’attirent.</p> <p>Un courant électrique engendre aussi un champ magnétique. Par convention, les lignes du champ magnétique engendrées par un aimant, qu’il soit naturel ou artificiel, sont déterminées par l’orientation (direction et sens) du pôle Nord de l’aiguille d’une boussole placée dans le même champ. L’identification rapide du sens des lignes de champs magnétiques peut être effectuée en appliquant les règles de la main droite ou de la main gauche, selon que l’on choisit de considérer le sens conventionnel du courant ou le sens réel du mouvement des électrons.</p> <p>Note : En électricité, le travail sur des circuits mixtes n’est pas exigé; en électromagnétisme, seuls les aspects qualitatifs sont abordés.</p>	<p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Charge électrique – Électricité statique – Loi d’Ohm – Circuits électriques – Relation entre puissance et énergie électrique <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> – Forces d’attraction et de répulsion – Champ magnétique d’un fil parcouru par un courant

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Transformation de l'énergie</p> <p>L'énergie est présente dans l'environnement sous diverses formes. Quelle que soit cette forme, elle correspond au travail qu'un système est susceptible de produire. Ce travail implique une force et un déplacement.</p> <p>Avec des moyens appropriés, il est possible de convertir une forme d'énergie en une autre. Dans un système isolé, l'énergie totale est conservée au cours de ces transformations. Si le système n'est pas isolé, il perd une certaine quantité d'énergie qui est récupérée par le milieu et les systèmes extérieurs avoisinants.</p> <p>Un corps chaud a une capacité d'action particulière : en se refroidissant, il provoque le réchauffement d'un corps plus froid avec lequel il est en contact. Quoique chaleur et température soient souvent utilisées comme des synonymes dans la vie courante, une distinction entre les deux est nécessaire, en particulier pour aborder les problématiques relatives aux changements climatiques.</p> <p>Note : Seuls les aspects qualitatifs des transformations d'énergie sont traités.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre chaleur et température

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Svante Arrhenius Archimède Thomas Edison Blaise Pascal Isaac Newton Hans Oersted Joseph Henry Michael Faraday James Watt Ernest Rutherford Niels Bohr	Facultés des sciences et de génie Musées à caractère scientifique et technologique Institut de recherche en électricité du Québec	Moyens de transport Systèmes d'épuration des eaux Développement du réseau électrique	

Terre et espace (deuxième année du cycle)

En deuxième année du cycle, l'élève a l'occasion d'étudier les interactions entre les vivants et les éléments abiotiques qui surviennent au sein de la biosphère. À l'intérieur de certaines limites et en dehors des interventions humaines et des phénomènes climatiques exceptionnels, divers cycles biogéochimiques, comme ceux du carbone et de l'azote, confèrent à la biosphère un pouvoir de régulation qui assure la pérennité des écosystèmes.

Certains modèles de développement socioéconomique et les moyens mis en œuvre pour les appliquer affectent plus que jamais certains biomes. Dans le cadre des problématiques proposées, la connaissance des divers systèmes terrestres permet de mieux comprendre l'équilibre de la géosphère. Les concepts retenus relativement à l'espace sont abordés dans le cadre de la problématique de l'avenir énergétique.

Orientations	Concepts prescrits
Terre	
<p>Cycles biogéochimiques</p> <p>Un cycle biogéochimique décrit le processus naturel au cours duquel un élément chimique circule à l'état organique ou minéral, au sein de la biosphère. Le cycle du carbone est régulé par l'interaction entre les plaques continentales, l'atmosphère, les océans et les organismes vivants. Par la photosynthèse, les végétaux fixent le carbone sous des formes non volatiles, mais ce sont les roches carbonatées, précipitées ou construites par les êtres vivants qui constituent le plus grand réservoir de CO₂. Bien que ce gaz soit libéré au cours d'éruptions volcaniques, les émissions anthropogéniques en modifient l'équilibre naturel. Certaines biotechnologies appliquées à l'environnement permettent d'accentuer le recyclage chimique du carbone.</p> <p>Bien qu'abondant, l'azote atmosphérique peut être assimilé par les végétaux uniquement par l'action de certaines bactéries. Le métabolisme des organismes vivants, ou leurs cadavres, produisent des déchets qui ramènent l'azote à l'état minéral, et le cycle recommence. Des variations importantes du taux d'humidité, de la température ou du pH des sols affectent la régulation de ce cycle. Les végétaux constituent la seule source d'azote assimilable par les animaux, ce qui constitue une bonne raison de conserver la flore mondiale.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Cycles biogéochimiques <ul style="list-style-type: none"> • Cycle du carbone • Cycle de l'azote
<p>Régions climatiques</p> <p>La répartition des biomes est fonction de la latitude géographique et d'autres facteurs tels que l'altitude, la température et le type de sol. Leur composition varie d'un biome à l'autre, car les conditions d'habitat influent sur la distribution des espèces végétales ou animales.</p> <p>Les biomes aquatiques sont à la base d'une imposante pyramide alimentaire; leur état de santé revêt donc une grande importance pour les humains. Dans un biome terrestre, les végétaux adaptés conditionnent les espèces animales qui y vivent. Tout déséquilibre causé par la destruction ou la contamination d'un habitat a des répercussions sur les écosystèmes et finalement sur un grand nombre d'activités humaines.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs influençant la distribution des biomes – Biomes aquatiques – Biomes terrestres

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Terre (Suite)	
<p>Lithosphère</p> <p>Qu'il s'agisse de métaux, de minéraux industriels ou de matériaux de construction, la lithosphère renferme une grande variété de ressources minérales essentielles au développement des sociétés. L'exploitation et la transformation des minéraux ne sont cependant pas sans conséquence sur l'environnement. De plus, ces ressources sont présentes en quantités limitées, d'où l'intérêt croissant pour la revalorisation des matières résiduelles et du recyclage en général.</p> <p>Les couches que l'on peut observer dans une coupe du sol, appelées <i>horizons</i>, diffèrent sur le plan de la structure et de la composition. L'étude du profil d'un sol permet de mieux comprendre la circulation des éléments chimiques dans le sol et de prévoir son évolution. En effet, l'humidité, le pH et la teneur en minéraux sont des facteurs qui régissent l'activité biologique des sols, essentielle à la nutrition des êtres vivants.</p> <p>Les pergélisols sont sensibles aux changements climatiques en raison de l'instabilité des masses de glace souterraines qu'ils contiennent. Leur réchauffement peut engendrer des glissements de terrain et causer des dommages aux infrastructures, en plus d'altérer le paysage et les écosystèmes.</p> <p>Les combustibles fossiles constituent des sources d'énergie épuisables, tout comme les minerais radioactifs exploités dans les centrales nucléaires. La recherche de nouvelles sources d'énergie et l'utilisation de ressources renouvelables constituent deux des préoccupations actuelles des sociétés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Horizons du sol (profil) – Pergélisol – Ressources énergétiques
<p>Hydrosphère</p> <p>Un bassin versant est un territoire délimité par les lignes de crête (géomorphologie) entourant un réseau de cours d'eau, dans lequel s'écoulent les eaux souterraines et de ruissellement. L'ensemble des activités humaines menées sur un bassin donné peut perturber les écosystèmes, par exemple la création d'un réservoir en amont du barrage d'une centrale hydroélectrique.</p> <p>Par leur capacité à absorber la chaleur, les océans jouent un rôle essentiel dans la régulation du climat en uniformisant la température globale de la planète. Deux types de courants marins sont interconnectés. Les courants de surface, générés par les vents, amènent une circulation horizontale à grande échelle. Les courants profonds, mis en mouvement par des différences de température ou de salinité, sont la cause d'une circulation verticale et en profondeur entre les différentes couches de l'océan. Ces courants verticaux sont très sensibles à des petites variations locales de température. L'élévation du niveau marin, due à la fonte accélérée des glaciers et des banquises, est par ailleurs préoccupante pour les populations côtières.</p> <p>Qu'il s'agisse des courants marins ou des marées, le déplacement des masses d'eau implique de grandes quantités d'énergie. Les centrales marémotrices, notamment, tirent profit de la force des marées afin de produire de l'énergie électrique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Circulation océanique – Salinité – Glacier et banquise – Ressources énergétiques

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
Terre (Suite)	
<p>Atmosphère</p> <p>La Terre réfléchit vers l'espace une partie de la chaleur issue du rayonnement solaire. Certains gaz, présents dans l'atmosphère, absorbent cette chaleur et provoquent une élévation de la température : c'est l'effet de serre. Le dioxyde de carbone est actuellement le gaz à effet de serre le plus abondant. Sa proportion a augmenté au cours du dernier siècle en raison de l'exploitation des combustibles fossiles et de la fabrication du ciment. Le méthane et d'autres gaz contribuent aussi à l'augmentation de l'effet de serre.</p> <p>Les différents types de masses d'air se distinguent notamment par leur température et leur taux d'humidité. Ces masses d'air se déplacent autour du globe au gré des vents, des mouvements de convection et de l'effet de la rotation de la Terre. Des systèmes de nuages naissent de la rencontre de masses d'air de caractéristiques différentes.</p> <p>Un cyclone est une large zone de nuages en rotation, de vents et d'orages au centre de laquelle règne une basse pression. Les cyclones se forment au-dessus des mers tropicales chaudes et déversent d'abondantes précipitations, accompagnées de forts vents aux effets généralement dévastateurs. Les variations de pression que génèrent les cyclones et les anticyclones sont à l'origine de la circulation atmosphérique.</p> <p>La force du vent offre aussi des avantages. Que ce soit pour se déplacer, effectuer un travail mécanique ou produire de l'énergie électrique, l'homme exploite l'énergie liée au vent au moyen de voiles et de pales dont les formes, les matériaux et les dimensions varient selon les besoins. L'énergie éolienne constitue une source d'énergie douce abondante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique – Masse d'air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques
Espace	
<p>Espace</p> <p>Le Soleil émet une quantité phénoménale d'énergie dans tous les domaines du spectre électromagnétique. Depuis longtemps, l'homme utilise la chaleur associée au rayonnement solaire pour répondre à ses besoins. Les capteurs photovoltaïques des panneaux solaires transforment l'énergie rayonnante en énergie électrique.</p> <p>L'influence gravitationnelle de la Lune sur les masses d'eau présentes à la surface de la Terre est en grande partie à l'origine du phénomène des marées. La force engendrée par les mouvements de l'eau est exploitée dans les centrales marémotrices. Ces dernières s'ajoutent à la liste des moyens dont l'homme dispose pour répondre à ses besoins énergétiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel)

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Nicolas Sténon James Hutton Henry Cavendish Charles Lyell Alfred Wegener	Commission géologique du Canada Agence de l'efficacité énergétique Ressources naturelles Canada Consortium Ouranos Organisation Greenpeace	Satellites d'observation Systèmes de positionnement global	Sommets de la Terre Protocole de Kyoto Phénomènes météorologiques

Univers technologique (deuxième année du cycle)

Regroupant différents savoirs liés à l'utilisation, à la compréhension et à la réalisation des objets et des systèmes techniques, les concepts généraux associés à l'univers technologique, au cours de la deuxième année du cycle, se rapportent toujours à l'ingénierie et aux matériaux. Les aspects relatifs à la fabrication se trouvent dans les techniques qui sont l'objet d'une étude. Les concepts doivent cependant être traités de manière plus exhaustive en raison de la diversité croissante des problèmes à résoudre et de leur niveau de difficulté plus élevé. Aussi, afin de favoriser l'émergence d'une plus grande variété de solutions à un problème de conception ou d'analyse, de nouvelles dimensions ont été introduites. Il s'agit des liaisons mécaniques, des fonctions électriques et de l'étude de nouveaux matériaux comme les plastiques, les céramiques et les matériaux composites.

En deuxième année, l'univers technologique est aussi abordé par l'intermédiaire des objets, des systèmes, des produits et des procédés. Ils sont tous rattachés aux diverses thématiques environnementales. Ils présentent tous des liens avec des savoirs et des pratiques spécifiques et sont le reflet des possibilités et des contraintes scientifiques, techniques, sociales, environnementales, éthiques, etc. L'approfondissement de la connaissance des concepts technologiques de même que les réalisations retenues devraient conduire à une démythification des objets, des machines et des systèmes en général et plus particulièrement de ceux qui se rattachent à l'environnement. En effet, l'étude de l'environnement se prête bien à l'intégration des apprentissages et à une sensibilisation à l'état de la Terre.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Ingénierie</p> <p>La conception ou l'analyse d'un objet technique ou d'un système repose sur l'acquisition de concepts fondamentaux liés à la mécanique et à l'électricité ainsi que sur des pratiques de conception et d'analyse propres à l'ingénierie.</p> <p>En mécanique, ces concepts font référence aux liaisons des pièces et aux fonctions mécaniques les plus typiques, de même qu'à la transmission et à la transformation du mouvement traitées de manière détaillée. Une étude formelle permet d'envisager des solutions à partir de modèles spécifiques de liaisons, de guidages et de mécanismes permettant un mouvement de rotation ou de translation.</p> <p>En électricité, les concepts prescrits sont liés aux diverses composantes et à leurs fonctions (alimentation, conduction, isolation, protection, commande, transformation). La maîtrise de ces concepts habilite à choisir les bonnes composantes et à les agencer de manière appropriée.</p> <p>Dans la conception et l'analyse d'un objet ou d'un système, un tel bagage technique permet de déterminer ou de justifier l'utilisation de formes et de matériaux, de trouver ou d'expliquer des principes de fonctionnement et d'adopter ou de faire ressortir des solutions de construction.</p> <p>Nombreux sont les objets, les systèmes et les équipements liés à l'environnement qui comportent certains des éléments caractéristiques mentionnés ci-dessus. C'est le cas du pluviomètre, de la turbine, de la pompe, etc.</p>	<p>Mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques – Fonction de guidage – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection – Fonction de commande – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)

Orientations (Suite)	Concepts prescrits (Suite)
<p>Matériaux</p> <p>Le fait qu'il est possible d'agir sur les propriétés des matériaux s'avère un important incitatif pour en faire l'exploration et l'exploitation. Le choix rationnel d'un matériau se fait en fonction de ses propriétés, de ses avantages et de ses limites. Cela implique d'en connaître les caractéristiques fonctionnelles et la structure afin de bien en comprendre le comportement quand il est utilisé.</p> <p>Les concepts qui se rattachent aux matières plastiques, aux céramiques et aux matériaux composites renseignent sur leur composition et leurs propriétés de même que sur leur utilisation et leur classification.</p> <p>L'apparition des matières plastiques a été une véritable révolution. D'excellentes propriétés physiques et de nombreuses qualités, comme leur résistance, leur durabilité ou encore la possibilité de les usiner avec une très grande précision, expliquent leur emploi sans cesse croissant.</p> <p>Les céramiques englobent une gamme très vaste de matériaux. Leur utilisation touche des secteurs traditionnels comme la construction et les biens de consommation, mais aussi d'autres secteurs comme l'électrotechnique, la construction mécanique, etc.</p> <p>Chaque type de matériau composite possède ses propres propriétés et caractéristiques. Les propriétés mécaniques élevées de ces matériaux et leur faible masse volumique les rendent particulièrement attrayants. On les trouve dans plusieurs applications de la technologie moderne.</p> <p>Tous les matériaux se dégradent à une vitesse plus ou moins grande. Les réactions qui se produisent entre un matériau et son milieu sont de trois types : réactions chimiques (plastiques, céramiques), corrosion et oxydation (métaux). Parmi les moyens utilisés pour lutter contre cette dégradation, il faut citer la protection électrochimique et la protection par revêtement et traitement des surfaces.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (flexion, cisaillement) – Caractérisation des propriétés mécaniques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables) • Céramiques • Matériaux composites – Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Repères culturels possibles			
Histoire	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Alessandro Volta Léonard de Vinci Joseph Brown et Lucian Sharp Le Corbusier Alfred Nobel Rudolph Diesel Henry Ford Frederick Winslow Taylor	Office de la propriété intellectuelle du Canada Base de données sur les brevets canadiens Ordre des ingénieurs du Québec	Chaîne de production Interchangeabilité des pièces Ordinateur Domotique Robotique Télédétection Éclairage public Vêtements Réfrigération	Révolution industrielle Établissement de normes du travail Mondialisation

TABLEAU SYNTHÈSE DES CONCEPTS PRESCRITS (DEUXIÈME ANNÉE DU CYCLE)

Univers vivant	Univers matériel	Terre et espace	Univers technologique
<p>ÉCOLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Étude des populations (densité, cycles biologiques) – Dynamique des communautés <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité • Perturbations – Dynamique des écosystèmes <ul style="list-style-type: none"> • Relations trophiques • Productivité primaire • Flux de matière et d'énergie • Recyclage chimique 	<p>PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES SOLUTIONS</p> <ul style="list-style-type: none"> – Concentration (ppm) – Électrolytes – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique <p>TRANSFORMATIONS CHIMIQUES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – Balancement d'équations chimiques – Loi de conservation de la masse <p>ORGANISATION DE LA MATIÈRE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – Familles et périodes du tableau périodique <p>ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTROMAGNÉTISME</p> <p>ÉLECTRICITÉ</p> <ul style="list-style-type: none"> – Charge électrique – Électricité statique – Loi d'Ohm – Circuits électriques – Relation puissance et énergie électrique <p>ÉLECTROMAGNÉTISME</p> <ul style="list-style-type: none"> – Forces d'attraction et de répulsion – Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant <p>TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre chaleur et température 	<p>CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cycle du carbone – Cycle de l'azote <p>RÉGIONS CLIMATIQUES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs influençant la distribution des biomes – Biomes aquatiques – Biomes terrestres <p>LITHOSPHERE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Horizons du sol (profil) – Pergélisol – Ressources énergétiques <p>HYDROSPHERE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Circulation océanique – Glacier et banquise – Salinité – Ressources énergétiques <p>ATMOSPHERE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique – Masse d'air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques <p>ESPACE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel) 	<p>INGÉNIEURIE MÉCANIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques – Fonction de guidage – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, comes, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) <p>INGÉNIEURIE ÉLECTRIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection – Fonction de commande – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme) <p>MATÉRIAUX</p> <ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (flexion, cisaillement) – Caractérisation des propriétés mécaniques – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables) • Céramiques • Matériaux composites – Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Bibliographie

Culture scientifique et technologique

BARMA, Sylvie et Louise GUILBERT. « Différentes visions de la culture scientifique et technologique : Défis et contraintes pour les enseignants », dans HASNI, Abdelkrim, Yves LENOIR et Joël LEBEAUME (dir.). *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2006, 278 p.

CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. *La culture scientifique et technique au Québec : Un bilan, rapport de conjoncture*, Québec, gouvernement du Québec, 2002, 215 p.

HASNI, Abdelkrim. *La culture scientifique et technologique à l'école : De quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer?*, communication présentée au 70^e Congrès de l'ACFAS, Québec, Université Laval, 2002, 25 p.

THOUIN, Marcel. *Notions de culture scientifique et technologique : Concepts de base, percées historiques et conceptions fréquentes*, Québec, Multi-Mondes, 2001, 480 p.

Didactique de la science

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for All Americans, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 272 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 420 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Atlas of Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 165 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Designs for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 300 p.

ASTOLFI, Jean-Pierre et autres. *Pratiques de formation en didactique des sciences*, Bruxelles, De Boeck, 1997, 498 p.

CALIFORNIA STATE BOARD OF EDUCATION. *Science Content Standards for California Public Schools: Kindergarten through Grade Twelve*, Sacramento, CDE Press, 1998, 52 p.

CANADA, CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION. *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature*, Toronto, gouvernement du Canada, 1997, 261 p.

CHASTENAY, Pierre. *Je deviens astronome*, Waterloo, Éditions Michel Quintin, 2002, 47 p.

COLOMBIE-BRITANNIQUE, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Sciences de la 8^e à la 10^e année : Ensemble des ressources intégrées*, gouvernement de la Colombie-Britannique, 1996, 47 p.

DE SERRES, Margot et autres. *Intervenir sur les langages en mathématiques et en science*, Montréal, Modulo, 2003, 390 p.

DICKINSON, Terence. *Ciel de nuit*, Éditions de l'homme, 2001, 176 p.

FOUREZ, Gérard. *Alphabétisation scientifique et technique : Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, Bruxelles, De Boeck, 1994, 219 p.

GIORDAN, André. *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Paris, Belin, 1999, 239 p.

GUILBERT, Louise. « La pensée critique en science : Présentation d'un modèle iconique en vue d'une définition opérationnelle », *The Journal of Educational Thought*, vol. 24, n^o 3, décembre 1990, p. 195-218.

MANITOBA, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programme d'études : Cadre manitobain des résultats d'apprentissage, science de la nature, secondaire 2*, gouvernement du Manitoba, 2001, 55 p.

SAUVÉ, Lucie. *Pour une éducation relative à l'environnement – Éléments de design pédagogique, guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs*, Montréal, Guérin, 1997, 361 p.

SAUVÉ, Lucie. *Éducation et environnement à l'école secondaire : Modèles d'intervention en éducation relative à l'environnement*, Montréal, Logiques, 2001, 311 p.

SÉGUIN, Marc et Benoît VILLENEUVE. *Astronomie et astrophysique*, Saint-Laurent, ERPI, 2^e édition, 2002, 618 p.

Didactique de la technologie

INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION. *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology*, Reston ITEA, 2000, 248 p.

LEBEAUME, Joël. *L'éducation technologique : Histoires et méthodes*, Paris, ESF, 2000, 121 p.

NORMAN, Eddie et autres. *Advanced Design and Technology*, London, Longman Group Limited, 3^e édition, 2000, 872 p.

ANNEXE – EXEMPLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE ET D'ÉVALUATION

L'activité physique et la capacité d'échange pulmonaire

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement des compétences disciplinaires 1 et 3 par la conception d'un prototype expérimental qui mesure la capacité d'échange pulmonaire et par la présentation d'un rapport écrit.

2. Élèves visés

Élèves de première année du deuxième cycle du secondaire (Science et technologie)

3. Domaine général de formation touché et axes de développement

Santé et bien-être

- Conscience de soi (par l'étude des concepts liés à la capacité d'échange pulmonaire)
- Mode de vie actif et comportement sécuritaire (par l'étude des effets de l'activité physique)

4. Description de la tâche

Amorce

Vous avez récemment constaté que plusieurs élèves de votre école font de l'activité physique afin de se maintenir « en forme ». Ces derniers affirment en effet que la pratique régulière d'activités physiques leur procure un mieux-être qui les aide à accomplir leurs tâches quotidiennes avec plus d'entrain.

Vous aimeriez savoir comment l'activité physique peut agir sur le corps humain. Vous avancez l'hypothèse que la pratique régulière d'activités physiques modifie la capacité d'échange pulmonaire.

Activité proposée

En équipe de deux, les élèves ont le mandat de construire un appareil qui permet de mesurer la capacité d'échange pulmonaire d'un individu. L'enseignant fournit certaines ressources (cahier des charges, ressources matérielles, ressources documentaires, etc.) relatives à l'élaboration du prototype.

Un rapport écrit présente l'ensemble des résultats de leur recherche et comprend un schéma de principe du prototype utilisé pour les mesures. Sont également présentées une discussion relative à l'amélioration du prototype et une conclusion à l'égard de la cohérence entre le prototype et le cahier des charges.

5. Productions attendues

- Prototype expérimental qui permet de mesurer la capacité pulmonaire
- Rapport écrit (incluant un schéma de principe illustrant le prototype, les résultats, une discussion et une conclusion)

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 1 – Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

- **Cerner un problème**
Élaboration des concepts scientifiques (respiration, pression, fluide compressible) et technologiques liés à la mesure du gaz expiré
- **Élaborer un scénario de résolution**
Choix des modes de conception du dispositif et mise au point du sondage
- **Concrétiser sa démarche**
Conception du dispositif de mesure, collecte des données par voie de sondage
- **Analyser ses résultats**
Interprétation des résultats et formulation d'une conclusion adéquate

Compétence 3 – Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

- **Participer à des échanges d'information à caractère scientifique et technologique**
Mise en commun des différents modes de conception du dispositif
- **Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique**
Compréhension du fonctionnement et des principes que présente le dispositif de mesure
- **Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique**
Présentation des résultats de recherche

7. Compétences transversales

Résoudre des problèmes, Mettre en œuvre sa pensée créatrice

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Univers matériel	Univers vivant
– Modèle particulaire – Fluides compressible et incompressible – Pression	– Système respiratoire – Système musculosquelettique
	Univers technologique
	– Standards et représentations (schémas)

Démarche

- Démarche technologique de conception (conception d'un prototype de mesure fonctionnel)

9. Durée approximative

4 périodes de 75 minutes

10. Pistes d'évaluation possibles

- Évaluation conjointe du prototype (élèves, enseignant)
- Évaluation du rapport écrit (enseignant)
- Grille d'autoévaluation des apprentissages (une par élève)

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

Une centrale pour l'île Beaumont

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement des compétences disciplinaires 2 et 3 par l'analyse technologique des principes de fonctionnement de trois centrales électriques distinctes et par la présentation d'une étude d'impacts environnementaux relatifs à ces modes de production d'énergie.

2. Élèves visés

Élèves de deuxième année du deuxième cycle du secondaire (Science et technologie)

3. Domaine général de formation touché et axes de développement

Environnement et consommation

- Connaissance de l'environnement (par l'étude d'impacts environnementaux)
- Consommation et utilisation responsable de biens et de services (par l'analyse technologique des centrales électriques)
- Conscience des aspects sociaux, économiques et éthiques du monde de la consommation (par l'étude des besoins énergétiques de la population)
- Construction d'un environnement viable dans une perspective de développement durable (par l'étude d'impacts environnementaux)

4. Description de la tâche

Amorce

Le conseil municipal de l'île Beaumont doit remplacer sa centrale électrique (centrale thermique au charbon) devenue désuète et jugée trop polluante. La population s'est déjà prononcée contre l'implantation de centrales qui utiliseraient l'énergie nucléaire, en raison des risques potentiels pour la santé et l'environnement. L'île Beaumont, accessible seulement par bateau, est reconnue pour sa production maraîchère et fruitière.

Trois firmes d'ingénieurs sont invitées à présenter des projets de centrales. L'une de ces firmes propose la construction d'un parc d'éoliennes, une autre préconise une centrale exploitant l'énergie de la biomasse et la troisième suggère d'adapter la centrale existante en vue d'exploiter le gaz naturel.

Activité proposée

Sous la forme d'un jeu de rôle, les élèves sont invités à faire connaître les principes de fonctionnement et les impacts associés à ces différents projets dans le cadre d'un appel d'offres public. Au préalable, les firmes d'ingénieurs doivent produire un document d'information, sous la forme d'un dépliant ou d'un rapport écrit, qui explique de façon simplifiée le principe de fonctionnement de ces types de centrales. Lors de la présentation, trois équipes exposent le point de vue de chacune des trois firmes d'ingénieurs. Une autre équipe représente le conseil municipal dont le rôle est de questionner les firmes d'ingénieurs dans le but de choisir une centrale adaptée au contexte de l'île.

Pour bien jouer leur rôle, les élèves doivent comparer des impacts environnementaux associés à chacun des modes de production. L'enseignant peut fournir certaines ressources (médiatiques, informatiques, etc.) relatives aux différentes centrales.

5. Productions attendues

- Document d'information (ex. dépliant, affiche ou rapport écrit)
- Présentation orale sous forme de jeu de rôle

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 2 – Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

- **Situer une problématique scientifique ou technologique dans son contexte**
Considération des divers aspects de problématiques lors des études d'impacts
- **Comprendre des principes scientifiques liés à la problématique**
Élaboration des concepts de conservation de l'énergie, d'efficacité énergétique et de réaction chimique
- **Comprendre des principes technologiques liés à la problématique**
Élaboration des concepts de fonctionnement des systèmes, de contraintes et d'innovations
- **Construire son opinion sur la problématique à l'étude**
Considération des différents aspects et des arguments présentés

Compétence 3 – Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

- **Participer à des échanges d'information à caractère scientifique et technologique**
Mise en commun de l'information en vue de la production du document d'information
- **Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique**
Lecture et analyse de la documentation
- **Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique**
Production du document d'information et présentation orale

7. Compétences transversales

Exploiter l'information, Coopérer, Communiquer de façon appropriée, Exercer son jugement critique

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Univers matériel	Terre et espace
<ul style="list-style-type: none">– Combustion– Formes d'énergie– Rendement énergétique– Loi de la conservation de l'énergie	<ul style="list-style-type: none">– Cycle du carbone– Ressources énergétiques– Biomes aquatiques– Biomes terrestres– Effet de serre– Circulation atmosphérique
Univers vivant	Univers technologique
<ul style="list-style-type: none">– Étude des populations– Dynamique des communautés– Dynamique des écosystèmes	<ul style="list-style-type: none">– Fonction de transformation de l'énergie (électricité et magnétisme)– Systèmes de transmission du mouvement– Projections orthogonales– Standards et représentations (schémas)

Démarches

- Démarche technologique d'analyse (principe de fonctionnement des centrales)
- Démarche de construction d'opinion (considération de points de vue différents, choix des critères, structuration de l'interprétation des ressources documentaires)

9. Durée approximative

8 périodes de 75 minutes (excluant la recherche documentaire)

10. Pistes d'évaluation possibles

- Évaluation du document d'information (enseignant)
- Évaluation conjointe de la présentation orale (élèves, enseignant)
- Grille d'autoévaluation des apprentissages (une par élève)

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

Science et technologie

(2^e année du 2^e cycle du secondaire)

Science et technologie de l'environnement



Note au lecteur

Ce document présente le programme de base de science et technologie et le programme optionnel de science et technologie de l'environnement, offerts dans le cadre du parcours de formation générale pour la deuxième année du deuxième cycle du secondaire. Le programme optionnel de science et technologie de l'environnement donne accès aux programmes optionnels offerts en science et technologie à la dernière année du secondaire. Ce document est destiné à ceux et celles qui enseignent un de ces programmes ou les deux. Le texte non souligné désigne les éléments communs aux deux programmes alors le texte souligné présente les éléments propres au programme optionnel.

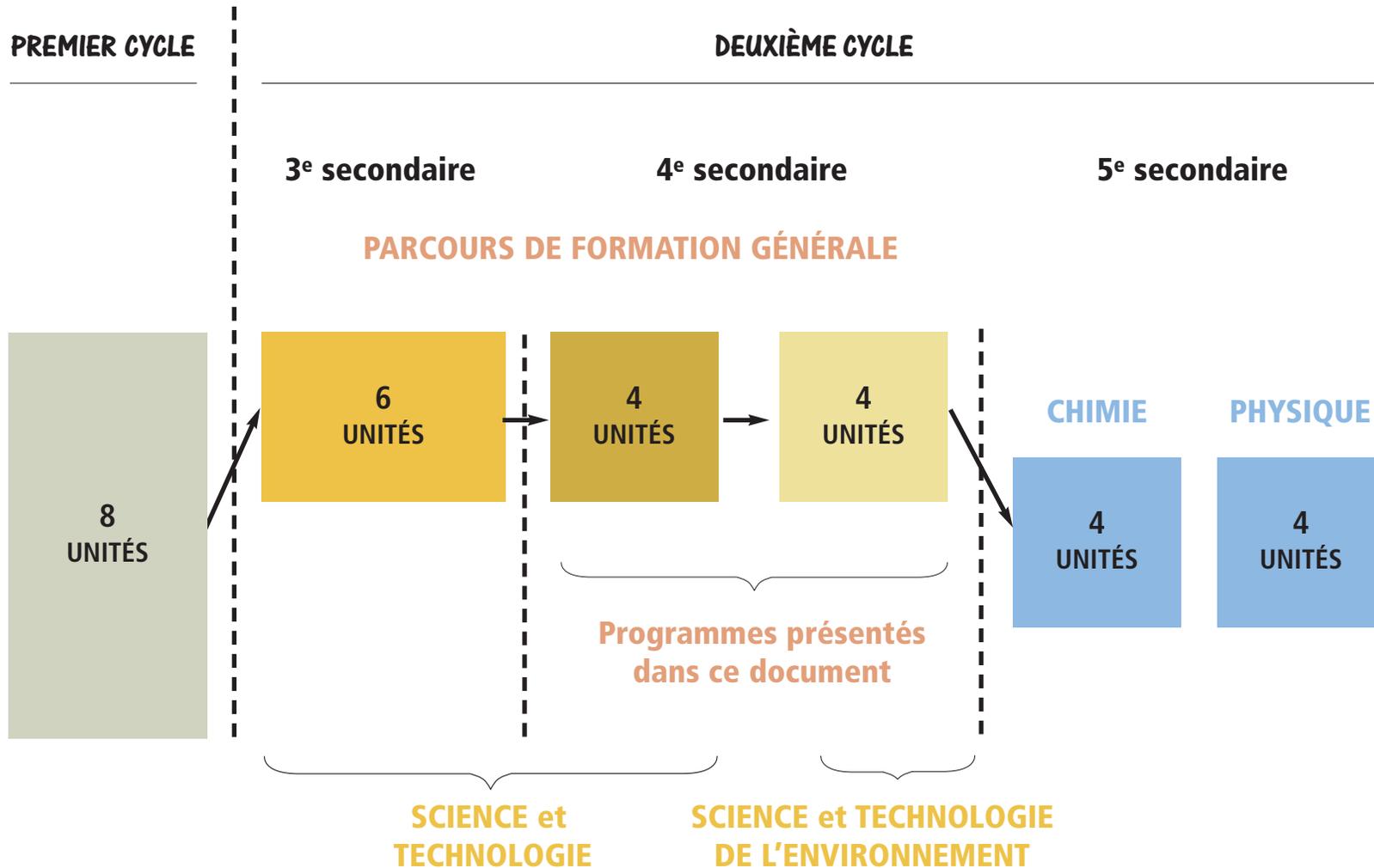


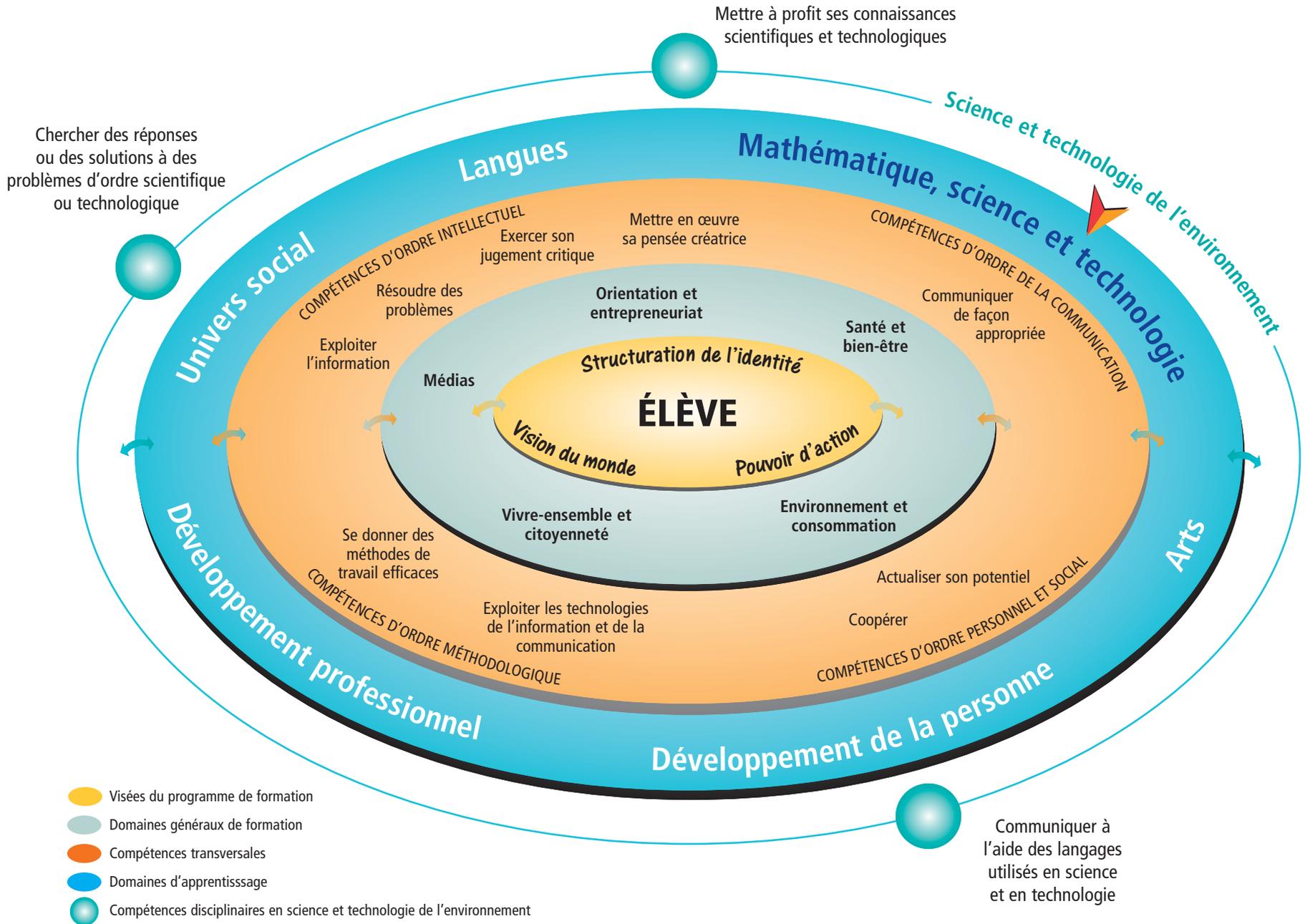
Table des matières

Présentation de la discipline	1
La vision de la science et de la technologie	1
La notion d'environnement	2
La culture scientifique et technologique	2
Les programmes	3
Relations entre les programmes de science et technologie et les autres éléments du Programme de formation	5
Relations avec les domaines généraux de formation	5
Relations avec les compétences transversales	6
Relations avec les autres disciplines	7
Contexte pédagogique	9
Rôle de l'enseignant	9
Rôle de l'élève	13
Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique	14
Sens de la compétence	14
Compétence 1 et ses composantes	16
Critères d'évaluation	16
Attentes de fin de programme	16
Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques	17
Sens de la compétence	17
Compétence 2 et ses composantes	19
Critères d'évaluation	19
Attentes de fin de programme	19
Compétence 3 Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	20
Sens de la compétence	20
Compétence 3 et ses composantes	22
Critères d'évaluation	22
Attentes de fin de programme	22

Science et technologie de l'environnement

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire ..	23
Concepts prescrits	23
Démarches, stratégies, attitudes et techniques	43
• Démarches	43
• Stratégies	45
• Attitudes	46
• Techniques	47
Annexes	
Annexe A – Problématiques environnementales et réseaux conceptuels	48
Annexe B – Exemples d'applications liées aux problématiques environnementales	60
Annexe C – Exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation	63
Annexe D – Répartition des concepts prescrits du premier et du deuxième cycle du secondaire	68
Bibliographie	77

Apport du programme de science et technologie de l'environnement au Programme de formation



Présentation de la discipline

La science et la technologie jouent un rôle sans cesse grandissant dans nos vies et elles contribuent d'une façon déterminante à la transformation des sociétés. Leur influence est manifeste dans une multitude de réalisations omniprésentes dans notre environnement, et les méthodologies qui les caractérisent, aussi bien que les connaissances qu'elles ont permis de générer, s'appliquent à de nombreuses sphères de l'activité humaine.

Les activités scientifiques et technologiques s'inscrivent dans un contexte social et culturel et elles sont le fruit du travail d'une communauté qui construit de manière collective de nouveaux savoirs. En science et en technologie tout comme dans les autres domaines d'activité, l'évolution des connaissances ne se fait pas de façon linéaire et additive. Fortement marquées par les contextes sociétal et environnemental dans lesquels elles s'inscrivent, les connaissances scientifiques et technologiques avancent tantôt à petits pas, par approximations successives, tantôt par bonds. Elles connaissent parfois des périodes de stagnation auxquelles peuvent succéder des progressions spectaculaires.

L'émergence rapide des savoirs scientifiques et technologiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications exigent des individus qu'ils disposent non seulement d'un bagage de connaissances spécifiques de ces domaines, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'adapter aux contraintes du changement. Une telle adaptation nécessite de prendre du recul par rapport aux acquis, de comprendre la portée et les limites du savoir et d'en saisir les retombées. Cela suppose en outre la capacité à prendre une position critique à l'égard des questions d'ordre éthique soulevées par ces retombées.

1. Des exemples d'objets, de systèmes, de produits ou de procédés liés aux problématiques environnementales sont présentés à l'annexe B.

La vision de la science et de la technologie

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers. Constituée d'un ensemble de théories, de connaissances, d'observations et de démarches, elle se caractérise notamment par la recherche de modèles intelligibles, les plus simples possible, pour rendre compte de la complexité du monde. Ces modèles peuvent par la suite être combinés à des modèles existants qui deviennent de plus en plus englobants. Les théories et les modèles sont ainsi constamment mis à l'épreuve, modifiés et réorganisés au fur et à mesure que de nouvelles connaissances se construisent.

Quant à la technologie, elle est plus particulièrement orientée vers l'action et l'intervention. Elle vise à soutenir l'activité humaine exercée sur l'environnement, dont l'être humain est lui-même partie intégrante. Ses champs d'application couvrent toutes les sphères d'activité. Le terme *technologie* désigne de fait une grande diversité de réalisations, qui vont des plus simples aux plus sophistiquées. Parmi celles-ci, on compte aussi bien des techniques et des procédés que des outils, des machines et des matériaux¹.

La technologie tend vers la plus grande rigueur possible dans ses réalisations et elle s'alimente des principes et des concepts élaborés par la science ou de ceux d'autres disciplines, selon les besoins auxquels elle cherche à répondre. Elle repose néanmoins sur des savoirs et des pratiques qui lui sont propres. Les préoccupations pragmatiques qui la caractérisent conduisent à la conception et à l'adoption de démarches spécifiques.

La science offre une grille d'analyse du monde qui nous entoure. Elle vise à décrire et à expliquer certains aspects de notre univers.

La technologie, plus particulièrement orientée vers l'action et l'intervention, vise à soutenir l'activité humaine exercée sur l'environnement, dont l'être humain est lui-même partie intégrante.

La science et la technologie sont de plus en plus marquées par leur interdépendance, au point que, dans un grand nombre de situations, on distingue difficilement la frontière qui les sépare.

La science et la technologie sont de plus en plus marquées par leur interdépendance, au point que, dans un grand nombre de situations, on distingue difficilement la frontière qui les sépare. Dans son effort pour comprendre le monde qui nous entoure, la science s'appuie fréquemment sur les développements de la technologie et sur ses réalisations concrètes. Réciproquement, lorsque la technologie s'efforce de répondre à un besoin par la réalisation d'objets techniques², de systèmes³ et de produits⁴ ou encore par l'élaboration de procédés⁵, elle tire profit des principes, des lois et des théories scientifiques, tout en leur offrant un champ d'application.

Il arrive aussi que les avancées technologiques précèdent les théories scientifiques qui en expliquent le fondement. On fabriquait depuis longtemps des boussoles quand parut la première étude moderne sur le magnétisme. Les premiers moteurs à explosion ont fonctionné sans l'aide de la thermodynamique tout comme les premiers avions ont volé sans l'aide de l'aérodynamique. La technologie devient même, dans ce cas, un champ extrêmement fécond d'exploration et de questionnement qui relance la théorisation. Cette complémentarité entre la science et la technologie existe également dans leurs manières respectives d'aborder le monde physique, tant du point de vue conceptuel que du point de vue pratique.

-
2. Par « objet technique », on entend un objet fabriqué par opposition à un objet naturel. Il s'agit d'un objet de construction simple qui a un but utilitaire. Par exemple : un marteau ou une pince à épiler.
 3. Par « système », on entend, au sens technique, un ensemble d'éléments plus ou moins complexes, ordonnés et en interaction. Le système permet de répondre à un besoin déterminé. Par exemple : une bicyclette, un lave-vaisselle ou un système de chauffage et de ventilation.
 4. Par « produit », on entend une substance qui résulte de transformations dues à des opérations humaines. Par exemple : un produit alimentaire ou un produit de beauté.
 5. Par « procédé », on entend les moyens et les méthodes utilisés pour faire quelque chose, pour obtenir un résultat. Par exemple : des procédés techniques, industriels ou de fabrication.
 6. Lucie SAUVÉ, *Pour une éducation relative à l'environnement : Éléments de design pédagogique*, guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs, Montréal, Guérin, 1997, p. 45.
 7. *Ibid.*, p. 46.

La notion d'environnement

Dans les présents programmes, la notion d'environnement fait référence à « l'ensemble dynamique des composantes d'un milieu qui interagissent avec les êtres vivants de ce dernier⁶ ». On peut donc dire qu'il n'existe pas un mais plusieurs environnements, selon les composantes du milieu, ses limites spatiales et temporelles, la spécificité des organismes vivants qui s'y trouvent, les types d'interrelations en présence, etc. L'environnement est « en étroite interrelation avec toutes les autres dimensions de l'environnement humain global : environnement politique, économique, culturel, technologique, etc.⁷ ». Ce programme vise donc ce qui concerne particulièrement l'être humain, qui occupe une place centrale dans les problématiques à l'étude.

Produits et formes de l'activité humaine, la science et la technologie sont en constante relation avec les différents environnements, qu'elles contribuent parfois à modifier et dont elles peuvent aussi constituer un objet d'étude. La science, notamment, s'intéresse notamment à diverses composantes de l'environnement. C'est le cas des sciences de l'environnement, qui regroupent plusieurs champs disciplinaires et considèrent à la fois les aspects biophysiques, interactionnels ou humains de l'environnement. De son côté, la technologie, qui est surtout axée sur l'action et l'intervention, peut avoir l'environnement comme contexte de réalisation; elle permet aussi d'intervenir sur les milieux, les vivants et leurs interactions.

Par ailleurs, l'activité scientifique et les applications qui en découlent peuvent avoir sur l'environnement d'importantes répercussions, tant positives que négatives, dont il faut apprendre à tenir compte.

La culture scientifique et technologique

Parties intégrantes des sociétés qu'elles ont contribué à façonner, la science et la technologie occupent une part importante de l'héritage culturel et constituent un facteur déterminant de développement des sociétés. Aussi

La notion d'environnement fait référence à l'ensemble dynamique des composantes d'un milieu qui interagissent avec les êtres vivants de ce dernier.

Parties intégrantes des sociétés qu'elles ont contribué à façonner, la science et la technologie occupent une part importante de l'héritage culturel et constituent un facteur déterminant de développement des sociétés.

importe-t-il d'amener les élèves à élargir graduellement leur culture scientifique et technologique, de leur faire prendre conscience du rôle qu'une telle culture peut jouer dans leur capacité à prendre des décisions éclairées et de leur faire découvrir le plaisir que l'on peut retirer de la science et de la technologie.

Les activités scientifiques et technologiques sollicitent la curiosité, l'imagination, le désir d'explorer, le plaisir d'expérimenter et de découvrir tout autant que les connaissances et le besoin de comprendre, d'expliquer et de créer. À ce titre, la science et la technologie ne sont pas l'apanage de quelques initiés. La curiosité à l'égard des phénomènes qui nous entourent ainsi que la fascination pour les inventions et l'innovation en science et en technologie nous interpellent tous à des degrés divers.

L'histoire de la science et de la technologie est partie prenante de cette culture et doit être mise à contribution. Elle permet de mettre en perspective les découvertes scientifiques de même que les innovations technologiques et d'enrichir la compréhension que l'on en a.

Diverses ressources peuvent être mises à profit. Les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ainsi que plusieurs autres ressources communautaires constituent autant de sources où puiser pour accroître et enrichir sa culture scientifique et technologique.

Les programmes

Au deuxième cycle du secondaire, les programmes *Science et technologie* et *Science et technologie de l'environnement* préconisent un enseignement où la science et la technologie sont abordées selon quatre perspectives :

8. Sylvie BARMA et Louise GUILBERT. « Différentes visions de la culture scientifique et technologique : Défis et contraintes pour les enseignants », dans HASNI, Abdelkrim, Yves LENOIR et Joël LEBEAUME (dir.). *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2006, p. 11-39.

perspective technocratique, qui met l'accent sur l'expertise scientifique; la perspective démocratique, davantage tournée vers l'expertise citoyenne; la perspective humaniste, orientée vers le développement du potentiel intellectuel; et la perspective utilitariste, qui s'intéresse à l'utilisation de la science et de la technologie au quotidien⁸. Alors que le programme de science et technologie s'inscrit dans ces quatre perspectives sans nécessairement en privilégier une, le programme de science et technologie de l'environnement met davantage l'accent sur les expertises citoyenne et scientifique. Tout comme le programme de base, il accorde une importance particulière au développement de l'esprit critique des élèves. Il vise à consolider leur formation scientifique et technologique et constitue un préalable pour accéder aux programmes optionnels de science et technologie offerts en cinquième secondaire.

Ces programmes regroupent en une seule discipline plusieurs champs disciplinaires, à savoir l'astronomie, la biologie, la chimie, la géologie, la physique et la technologie. Ce regroupement est notamment motivé par la nécessité de faire fréquemment appel au contenu et aux méthodes propres à plusieurs de ces champs pour résoudre divers problèmes ou pour construire son opinion au regard de grandes problématiques scientifiques et technologiques.

Les programmes s'inscrivent dans le prolongement des programmes précédents et ciblent le développement des trois mêmes compétences :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique;
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques;
- Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Étroitement liées, ces compétences se rattachent à des dimensions complémentaires de la science et de la technologie : les aspects pratiques et méthodologiques; les aspects théoriques, sociohistoriques et environnementaux; et les aspects relatifs à la communication. Bien que les intentions éducatives poursuivies soient sensiblement les mêmes qu'au primaire et au premier cycle du secondaire, les exigences relatives à leur

Les trois compétences se développent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. Cependant, l'évaluation peut porter sur une seule compétence.

développement sont de plus en plus élevées, en raison notamment de la complexité des concepts prescrits.

La première compétence met l'accent sur la méthodologie utilisée en science et en technologie pour résoudre des problèmes. Elle est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches où la manipulation occupe une place centrale.

Les élèves sont appelés à se poser des questions, à résoudre des problèmes et à trouver des solutions en observant, en manipulant, en mesurant, en expérimentant et en construisant, que ce soit dans un laboratoire, dans un atelier ou sur le terrain.

La deuxième compétence met l'accent sur la conceptualisation et sur le transfert des apprentissages, notamment dans la vie quotidienne. Les élèves sont ainsi amenés à s'approprier les concepts qui permettent de comprendre des principes scientifiques liés à diverses problématiques et d'analyser le fonctionnement d'objets et de systèmes technologiques. Ces concepts sont abordés en tant qu'éléments utiles pour tenter de comprendre le monde et construire son opinion.

La troisième compétence fait appel aux divers langages propres à la discipline et essentiels au partage d'information, de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique ou technologique. Elle postule non seulement la connaissance d'une terminologie et d'un symbolisme spécialisés, mais aussi leur utilisation judicieuse, notamment par l'adaptation du discours aux interlocuteurs ciblés.

Les élèves sont invités à participer activement à des échanges en ayant recours aux langages propres à la science et à la technologie, conformément aux règles et aux conventions établies.

Les trois compétences se développent en interaction et non de manière isolée et séquentielle. L'appropriation des démarches utilisées en science et en technologie demande en effet que l'on connaisse et mobilise les concepts et les langages qui y correspondent. Elle s'effectue dans divers contextes qui contribuent à leur donner sens et portée. L'évaluation peut cependant porter sur une seule compétence.

Ces compétences sont indissociables des objets d'étude privilégiés par ces programmes. Pour en assurer le développement, des ressources sont présentées dans la section *Contenu de formation*. C'est le cas, entre autres, des concepts prescrits de ces programmes. Ils proviennent de divers champs disciplinaires et sont regroupés en quatre univers : l'univers vivant; l'univers matériel; la Terre et l'espace; et l'univers technologique.

Relations entre les programmes de science et technologie et les autres éléments du Programme de formation

De nombreuses relations peuvent être établies entre les programmes de science et technologie de la deuxième année du deuxième cycle du secondaire et les autres éléments du Programme de formation, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales, le programme de mathématique et les autres domaines d'apprentissage.

Relations avec les domaines généraux de formation

Les problématiques associées aux domaines généraux de formation trouvent un écho important dans les enjeux et les défis liés aux découvertes et aux réalisations d'ordre scientifique ou technologique, plus particulièrement dans leurs répercussions sur la santé, le bien-être, l'environnement et l'économie.

Santé et bien-être

Les savoirs acquis en science et technologie aident à répondre à de nombreuses interrogations liées à la santé et contribuent de façon significative à l'exploitation de ce domaine général de formation. Certains savoirs d'ordre scientifique permettent aux élèves, par exemple, de mieux comprendre les interactions entre leur corps et le milieu ambiant, ce qui peut les inciter à adopter de saines habitudes de vie. Songeons notamment aux rejets de contaminants qui risquent de s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Les applications technologiques dans le domaine de la santé et de l'environnement sont par ailleurs nombreuses et diversifiées; elles constituent autant de sujets susceptibles d'alimenter des situations d'apprentissage et d'évaluation.

Les domaines généraux de formation nomment les grands enjeux contemporains. Par leur manière spécifique d'aborder la réalité, les disciplines scolaires apportent un éclairage particulier sur ces enjeux, supportant ainsi le développement d'une vision du monde élargie.

Environnement et consommation

Les savoirs scientifiques et technologiques contribuent à sensibiliser les jeunes à des questions liées à leur environnement, comme l'exploitation des ressources naturelles, les impacts de certaines réalisations humaines, la gestion des déchets, la richesse des différents milieux de vie, la mondialisation du secteur de l'alimentation ou les enjeux éthiques associés aux biotechnologies. Plusieurs avancées de la science et de la technologie ont entraîné des habitudes de consommation qui ont des conséquences diverses sur l'environnement. L'élaboration ou l'analyse d'un bilan écologique permet d'en faire ressortir les retombées d'ordre social, éthique, économique ou environnemental. Le bilan écologique permet aussi d'amener les élèves à s'interroger sur leurs propres habitudes de consommation et à adopter un comportement responsable à cet égard.

Médias

Que ce soit pour s'informer, apprendre ou communiquer, les élèves ont recours aux différents médias qui sont déjà très présents dans leur quotidien. Dans leur quête d'information, il importe qu'ils apprennent à devenir critiques à l'égard des renseignements qu'ils obtiennent. Ils doivent s'appropriier le matériel et les codes de communication médiatiques, et constater l'influence grandissante des médias dans leur vie quotidienne et dans la société. Ces ressources devraient être largement exploitées par l'enseignant. Les films, les journaux et la télévision traitent de sujets de nature scientifique ou technologique qui présentent de multiples liens possibles avec le quotidien des jeunes. Par ailleurs, l'intérêt, voire l'engouement, pour plusieurs appareils permettant la diffusion de l'information, tels que la radio, la télévision, l'ordinateur, le téléphone

cellulaire ou encore les satellites de communication, peut être exploité pour contextualiser les apprentissages et accroître la motivation des élèves.

Orientation et entrepreneuriat

Les diverses activités que les élèves sont appelés à réaliser dans le cadre de ces programmes sont autant d'occasions de les amener à mieux comprendre le travail du scientifique ou du technologue et à s'y intéresser pour leur orientation personnelle.

Plusieurs savoirs de nature scientifique ou technologique s'avéreront utiles dans de nombreux secteurs d'emploi. L'enseignant peut aider les élèves à en prendre conscience et à mesurer leur intérêt pour ces secteurs et leur aptitude à s'engager dans des professions qui s'y rattachent. De telles prises de conscience sont particulièrement importantes au deuxième cycle du secondaire, puisque les élèves y sont appelés à préciser leur cheminement scolaire et professionnel.

Vivre-ensemble et citoyenneté

La culture scientifique et technologique que les élèves acquièrent graduellement se traduit par de nouvelles représentations de certains enjeux sociétaux, ce qui peut améliorer la qualité de leur participation à la vie de la classe, de l'école ou de la société dans son ensemble. Diverses activités se rapportant à l'environnement, telle l'organisation d'une campagne axée sur la gestion des matières résiduelles de l'école, peuvent offrir des canevas de situations susceptibles de les aider à faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable.

Relations avec les compétences transversales

L'appropriation et l'approfondissement d'une culture scientifique et technologique, telle qu'elle est proposée dans ces programmes, s'opèrent par le développement des compétences disciplinaires, qui offrent un ancrage privilégié pour le développement des compétences transversales. Celles-ci contribuent en retour à élargir considérablement le rayon d'action des compétences disciplinaires.

Compétences d'ordre intellectuel

Les compétences d'ordre intellectuel jouent un rôle de premier plan en science et en technologie. Ainsi, la quête de réponses à des questions d'ordre scientifique ou la recherche de solutions à des problèmes d'ordre technologique exigent des élèves qu'ils exploitent l'information de façon judicieuse et qu'ils se questionnent quant à la crédibilité des sources. Cela les amène aussi à acquérir de nouvelles habiletés en matière de résolution de problèmes et à les adapter à la nature particulière de contextes divers. Considérer plus d'une manière de concevoir et de réaliser un objet technique ou un système, élaborer et mettre en œuvre un plan d'action pour résoudre un problème, tenir compte de positions divergentes au regard d'une problématique scientifique ou technologique représentent autant de façons de mettre en œuvre leur pensée créatrice.

Les compétences transversales ne se construisent pas dans l'abstrait; elles prennent racine dans des contextes d'apprentissage spécifiques, le plus souvent disciplinaires.

La société actuelle n'est pas à l'abri de la présence des pseudo-sciences. Les élèves doivent donc apprendre à exercer leur jugement critique, entre autres lorsqu'ils analysent certaines publicités, certains discours à prétention scientifique ou certaines retombées de la science et de la technologie. Il leur faut conserver une distance critique à l'égard des influences médiatiques, des pressions sociales de même que des idées reçues, et faire la part des choses, notamment entre ce qui est validé par la communauté scientifique et technologique et ce qui ne l'est pas.

Compétences d'ordre méthodologique

Le souci de rigueur associé aux démarches propres à ces programmes contraint les élèves à se donner des méthodes de travail efficaces. Ils apprennent aussi à respecter les normes et les conventions que nécessitent certaines de ces démarches.

L'essor des technologies de l'information et de la communication a largement contribué aux récentes avancées dans le monde de la science et de la technologie. Le fait que les élèves aient à recourir à divers outils technologiques (sondes connectées à des interfaces d'acquisition de données, dessin assisté par ordinateur, logiciels de simulation, etc.) dans l'expérimentation et la résolution de problèmes scientifiques ou

technologiques favorise le développement de leur compétence à exploiter les technologies de l'information et de la communication. La participation à une communauté virtuelle, en se joignant par exemple à un forum de discussion ou à une visioconférence, pour partager de l'information, échanger des données, recourir à des experts en ligne, communiquer les résultats de leur démarche et les confronter à ceux de leurs pairs, constitue une autre façon de mettre cette compétence à profit et de la développer.

Compétences d'ordre personnel et social

Lorsqu'ils considèrent des hypothèses ou des solutions, qu'ils passent de l'abstrait au concret ou de la décision à l'exécution, les élèves s'ouvrent à l'étendue des possibilités qui accompagnent l'action humaine. Ils envisagent une plus grande diversité d'options et acceptent de prendre des risques. Avec le temps, ils apprennent à se faire confiance, ils tirent profit de leurs erreurs et ils explorent de nouveaux moyens d'actualiser leur potentiel.

Le développement des savoirs scientifiques et technologiques appelle par ailleurs à la coopération, puisqu'il repose largement sur le partage d'idées ou de points de vue, sur la validation par les pairs ou par des experts et sur la collaboration à diverses activités de recherche et d'expérimentation ou encore de conception et de fabrication.

Compétence de l'ordre de la communication

L'appropriation de concepts et celle, indissociable, des langages propres à la science et à la technologie concourent à la capacité des élèves à communiquer de façon appropriée. Ils doivent non seulement découvrir graduellement les codes et les conventions de ces langages, mais également apprendre à en exploiter les divers usages.

Relations avec les autres disciplines

Dans une perspective de formation intégrée, il importe de ne pas dissocier les apprentissages réalisés en science et en technologie de ceux qui sont réalisés dans d'autres domaines d'apprentissage. Toute discipline se définit,

en partie du moins, par le regard particulier qu'elle porte sur le monde. Elle peut dès lors s'enrichir de l'apport complémentaire d'autres disciplines et contribuer à les enrichir à son tour.

Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie

La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique et technologique. Elle présente un ensemble de connaissances dans lequel la science et la technologie puisent abondamment. Ainsi, les élèves qui entreprennent une démarche scientifique ou technologique sont souvent amenés à mesurer, à dénombrer, à calculer des moyennes, à appliquer des notions de géométrie, à visualiser dans l'espace et à choisir divers modes de représentation. La mathématique leur est également utile lorsqu'ils sont appelés à élaborer et à analyser un bilan écologique, lequel nécessite des calculs et des conversions d'unités de mesure. On y fait fréquemment appel dans la conception d'objets techniques ou de systèmes

technologiques, notamment pour aider à modéliser les relations qui existent entre certaines variables déterminantes. De plus, le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels la mathématique recourt forment un langage rigoureux dont peuvent tirer profit la science et la technologie.

D'autre part, la mathématique fait appel à des compétences axées sur le raisonnement, la résolution de problèmes et la communication, qui présentent une parenté avec celles qui sont au cœur des programmes de science et technologie. Leur exercice conjoint ne peut que favoriser leur transfert et s'avère particulièrement propice au développement des compétences transversales, notamment celles d'ordre intellectuel. La science et la technologie contribuent en outre à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme la notion de variable, les relations de proportionnalité, les principes de la géométrie ou les concepts associés aux statistiques.

Domaine des langues

Les disciplines du domaine des langues fournissent aux élèves des outils essentiels au développement de leurs compétences scientifiques et

La réalité se laisse rarement cerner selon des logiques disciplinaires tranchées. C'est en reliant les divers champs de connaissance qu'on peut en saisir les multiples facettes.

technologiques. Qu'il s'agisse de lire ou d'écrire des textes variés ou encore de communiquer oralement, les compétences acquises dans le cours de français sont nécessaires pour interpréter des informations de manière pertinente, pour décrire ou expliquer un phénomène et pour justifier certains choix méthodologiques. Par sa diversité et sa spécificité, le vocabulaire scientifique et technologique contribue de son côté à l'enrichissement du langage. Soulignons enfin l'étroite association entre la capacité d'analyser ou de produire des textes à l'oral ou à l'écrit et la compétence *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*.

La langue anglaise est très répandue dans les communications scientifiques et technologiques à l'échelle internationale. La connaître constitue un atout. L'atteinte d'un niveau minimal de compétence en anglais s'avère donc indispensable, tant pour comprendre les consignes d'assemblage de certains objets techniques que pour participer à une communauté virtuelle ou à des activités pancanadiennes ou internationales, telle une expo-sciences. De plus, les élèves qui maîtrisent cette langue ont accès à des sources de renseignements beaucoup plus nombreuses et diversifiées.

Domaine de l'univers social

L'étude des avancées scientifiques et des développements technologiques peut éclairer notre compréhension de l'évolution des sociétés, puisque les problématiques auxquelles ces contributions visaient à répondre à divers moments de l'histoire étaient inscrites dans des réalités sociales particulières, souvent complexes et diversifiées. En retour, la perspective historique permet de remettre en contexte ces avancées et d'en mesurer l'ampleur. Se tourner vers le passé peut également apporter des réponses à des questions portant sur l'origine de certaines explications scientifiques ou réalisations technologiques.

Domaine des arts

La science et la technologie tirent profit de l'exercice de la créativité, à laquelle les disciplines artistiques concourent largement. Certaines démarches particulières à ces programmes présentent en effet des liens avec la dynamique de création commune aux quatre disciplines du domaine des arts, soit l'art dramatique, les arts plastiques, la danse et la musique. C'est le cas notamment des stratégies d'observation, qui exigent parfois que l'on

fasse preuve d'ingéniosité pour obtenir les données requises, de la formulation d'hypothèses, qui demande souvent une certaine audace, ou encore de la conception d'objets technologiques, qui fait largement appel au sens esthétique. La créativité est en tout temps sollicitée.

La science et la technologie apportent en retour une contribution à ces disciplines. Par exemple, la prise de conscience des impacts possibles de certains produits sur l'environnement pourra influencer les artistes lors de leurs choix de matériaux. De son côté, la capacité de transmettre et de produire des messages à caractère scientifique et technologique peut être mise à profit dans la création d'images médiatiques en arts plastiques.

Domaine du développement de la personne

En raison des multiples questions d'ordre éthique qui y sont abordées, ces programmes bénéficient des réflexions menées dans le cours d'éthique et culture religieuse. L'exploitation de certaines ressources énergétiques, les conséquences de leur transformation ou encore les enjeux liés à la production de déchets créés par la surconsommation en sont des exemples.

Des liens intéressants peuvent aussi être tissés avec le programme d'éducation physique et à la santé. Ainsi, les notions de saine alimentation, de gestion de l'énergie, de besoin énergétique corporel, ou de santé et sécurité renvoient à des préoccupations communes à ces programmes.

Les programmes de science et technologie se prêtent donc fort bien à la mise en œuvre d'activités interdisciplinaires. C'est en effet du regard croisé des différents domaines d'apprentissage qui composent le Programme de formation de l'école québécoise que peut émerger la formation la plus complète, la plus adéquate et la plus susceptible d'offrir aux jeunes des moyens de s'adapter aux réalités du XXI^e siècle.

Contexte pédagogique

Cette section présente le contexte pédagogique favorable à la construction des compétences et des connaissances scientifiques et technologiques. Le rôle de l'enseignant et celui de l'élève y sont successivement abordés.

Rôle de l'enseignant

Le rôle de l'enseignant est considéré ici sous quatre aspects : la construction ou l'adaptation de situations d'apprentissage et d'évaluation; l'accompagnement des élèves dans le développement de leurs compétences; l'évaluation du niveau de développement des compétences; et l'utilisation de certains modes d'intervention dans le contexte de l'éducation relative à l'environnement.

Construire ou adapter des situations d'apprentissage et d'évaluation significatives⁹

Un des premiers rôles de l'enseignant consiste à proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation stimulantes et à planifier ses interventions dans une perspective de différenciation des apprentissages. Il s'inspirera aussi souvent que possible de questions d'actualité associées à un ou plusieurs axes de développement d'un domaine général de formation. Dans le cadre de ces programmes, les situations proposées font référence à des problématiques environnementales.

Un des premiers rôles de l'enseignant consiste à proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation stimulantes et à planifier ses interventions dans une perspective de différenciation des apprentissages.

9. L'annexe C présente des exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation qui illustrent la façon dont on peut exploiter en classe les problématiques proposées pour aider les élèves à donner un sens à leurs apprentissages et à s'approprier des concepts dans un contexte où leur usage s'avère pertinent. Les situations d'apprentissage et d'évaluation permettent d'établir plusieurs liens avec les intentions éducatives des domaines généraux de formation de même qu'avec les apprentissages visés par d'autres disciplines. Elles rendent également possible l'exercice de compétences aussi bien disciplinaires que transversales.

Cette section présente les qualités que doivent posséder les situations d'apprentissage et d'évaluation, le type de situations à privilégier pour chacune des compétences et les ressources qui peuvent être mises à profit dans ces situations.

Des situations contextualisées, ouvertes et intégratives

Pour conférer plus de sens aux apprentissages et favoriser l'intégration des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être, il convient d'avoir recours à des situations d'apprentissage et d'évaluation contextualisées, ouvertes et intégratives.

Une situation est contextualisée dans la mesure où elle donne du sens aux concepts en les intégrant à un contexte dans lequel leur usage s'avère pertinent. À cette fin, elle traite de questions tirées de l'actualité, de réalisations scientifiques et technologiques liées aux réalités concrètes de la vie des élèves, ou encore de certains des grands enjeux de l'heure.

Une situation est ouverte lorsqu'elle présente des données de départ susceptibles de mener à différentes pistes de solution. Elle doit permettre d'aborder le problème de plusieurs façons et donner lieu à des activités variées. Les données initiales peuvent être complètes, implicites ou superflues.

Certaines peuvent faire défaut et nécessiter une recherche qui débouchera sur de nouveaux apprentissages.

Une situation intégrative renvoie à des savoirs théoriques et pratiques de diverse nature ainsi qu'à des concepts provenant de plus d'un des univers à l'étude : l'univers vivant, l'univers matériel, la Terre et l'espace, et l'univers technologique. Elle doit en outre permettre d'établir des liens avec les intentions éducatives d'un ou de plusieurs domaines généraux de formation et, le plus souvent possible, avec d'autres disciplines.

Des situations complexes qui permettent de développer des compétences

L'exercice des compétences disciplinaires passe par la maîtrise des concepts prescrits par ces programmes et les programmes de science et technologie antérieurs. Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent ainsi favoriser l'acquisition de ces concepts tout en permettant de travailler les différents aspects des compétences visées. Elles doivent aussi inciter les élèves à s'engager dans des démarches pratiques comme l'expérimentation et la conception, à construire leur opinion ou à s'exprimer sur les problématiques abordées.

Pour favoriser le développement de la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*, l'enseignant doit proposer des situations qui suscitent l'engagement dans la résolution de problèmes faisant appel à une démarche expérimentale ou de conception. Ces situations doivent donc comporter des manipulations. En raison des dangers que présente l'utilisation de certains instruments et substances, il importe que des personnes compétentes, comme les techniciens en travaux pratiques, puissent intervenir en cas de besoin. Certaines situations peuvent aussi nécessiter le recours à des démarches de modélisation et d'observation ou à une démarche empirique.

Pour amener les élèves à développer la compétence *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques*, l'enseignant leur proposera des situations qui leur demandent de construire leur opinion sur des problématiques environnementales variées et complexes. L'étude de ces problématiques leur permettra de développer leur esprit critique et d'apprendre à nuancer leur argumentation.

Finalement, la compétence *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie* s'exerce dans des situations qui demandent de choisir un mode de présentation approprié, d'utiliser un vocabulaire scientifique et technologique adéquat à l'oral comme à l'écrit, et d'établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques. À tout moment, l'enseignant doit mettre l'accent sur la qualité de la langue, que ce soit lors d'une présentation orale, de la schématisation d'un objet technique ou d'un système, de la rédaction d'un rapport technique ou de laboratoire ou encore d'une réflexion sur les impacts de la science et de la technologie.

L'enseignant peut choisir de travailler les trois compétences en interrelation tout en mettant l'accent sur l'une ou l'autre d'entre elles. Il devra, par ailleurs, avoir recours à différentes stratégies pédagogiques (l'approche par problème, l'étude de cas, la controverse ou le projet, etc.) qui favorisent l'adoption par les élèves d'une approche réflexive, dans la mesure où elles permettent de les amener à se poser des questions et à prendre du recul par rapport à leur démarche.

Ressources pouvant être mises à profit

L'exercice des compétences en science et technologie repose sur la mobilisation de ressources internes ou externes de plusieurs types : ressources personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles et humaines. Les ressources personnelles correspondent aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes ou aux techniques. On parle aussi de « ressources conceptuelles » pour désigner spécifiquement les connaissances provenant de disciplines variées. Les ressources informationnelles comprennent les manuels et documents divers ou tout autre élément pertinent pour la recherche d'informations. La catégorie des ressources matérielles comporte notamment les instruments, les outils et les machines. Les objets usuels de toutes sortes en font également partie. Quant aux ressources institutionnelles, elles incluent les organismes publics ou parapublics tels que les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. Ce sont des richesses à exploiter pour amener les élèves à élargir leur culture scientifique et technologique.

Les enseignants constituent les ressources humaines les plus immédiatement accessibles. Tout comme les techniciens en travaux pratiques, ils sont indispensables sur plusieurs plans, notamment celui de la sécurité au laboratoire et à l'atelier. Leur apport peut être complété par celui d'enseignants d'autres disciplines ou de différents experts.

Accompagner les élèves dans le développement de leurs compétences

Un deuxième aspect de la tâche de l'enseignant est de soutenir ses élèves dans le développement de leurs compétences. Pour cela, il doit baliser leur cheminement en tenant compte des aspects de la démarche sur lesquels il veut les amener à travailler plus particulièrement (par exemple, la

construction d'un modèle, la conception d'un prototype¹⁰, la formulation d'une première explication, le concept de variable, la notion de mesure, la représentation des résultats). Ouvertes quant aux moyens à prendre, les situations d'apprentissage et d'évaluation n'en doivent pas moins constituer un cadre rigoureux qui prévoit une tâche à réaliser, un but à atteindre, certaines ressources à mobiliser et l'aménagement de moments pour l'exercice du recul réflexif. Pour la conception d'un prototype, l'enseignant fournit toujours le cahier des charges; il peut également, pour gagner du temps, fournir certaines gammes de fabrication. Des gabarits préparés à l'avance pourraient aussi faciliter certaines opérations d'usinage.

Il importe que l'enseignant adapte la tâche au niveau de compétence des élèves, donne des explications au besoin, réponde à leurs questions, propose des pistes de solution, encadre de manière plus soutenue ceux qui sont moins autonomes et s'assure du respect des règles de sécurité en laboratoire ou en atelier. Chacun doit apprendre à tirer profit de ses erreurs en comprenant qu'elles sont rarement dues au hasard.

L'enseignant doit offrir un encadrement souple aux élèves, mais il doit aussi les inciter à la rigueur. Il lui faut s'assurer qu'ils ne sont pas submergés par la quantité d'informations à traiter et les soutenir autant dans la sélection de données pertinentes pour la tâche ou la résolution du problème que dans la recherche de nouvelles données.

L'enseignant demeure toujours une référence importante pour les élèves. C'est particulièrement vrai en ce qui a trait à la régulation des apprentissages et aux interventions collectives en classe. Ces dernières peuvent devenir des temps forts au cours desquels il recadre les apprentissages notionnels et fait ressortir les liens entre leurs acquis récents et leurs connaissances antérieures. Il est également convié à jouer un rôle actif au moment d'effectuer des retours réflexifs ou d'élaborer une synthèse avec l'ensemble de la classe.

10. Par « prototype », on entend ici tout objet ou appareil construit pouvant constituer le premier exemplaire d'une éventuelle production en série. Il peut s'agir d'un prototype de conception, de fabrication, de production, d'expérimentation ou d'essai.

11. Se référer à la Politique d'évaluation des apprentissages : *Formation générale des jeunes, formation générale des adultes, formation professionnelle* et au *Cadre de référence en évaluation des apprentissages au secondaire*. Le Cadre fournit des informations utiles sur les caractéristiques d'une situation d'apprentissage et d'évaluation, la différenciation pédagogique, l'évaluation des compétences transversales, la notation, les échelles des niveaux de compétence, la communication des résultats et la planification de l'évaluation.

Évaluer le niveau de développement des compétences¹¹

L'évaluation du niveau de développement des compétences constitue un autre aspect important du rôle de l'enseignant. Conformément à la Politique d'évaluation des apprentissages, l'évaluation en science et technologie revêt une double fonction : l'aide à l'apprentissage et la reconnaissance des compétences.

L'aide à l'apprentissage

Il importe que l'enseignant observe régulièrement ses élèves afin de les aider à réajuster leur démarche et à mobiliser plus efficacement leurs ressources. Il lui faut à cette fin leur proposer des situations d'apprentissage nombreuses et variées, et préparer pour chaque situation des outils d'observation, d'évaluation ou de consignation qu'il leur présentera. Lorsqu'il élabore ces situations et ces outils, il doit s'appuyer sur les critères d'évaluation énoncés pour la ou les compétences concernées. Cela lui permet de se donner des indicateurs auxquels il pourra rattacher des comportements observables qui lui permettront d'en évaluer le niveau de développement. Il aura également intérêt à se référer aux attentes de fin de programme et aux échelles des niveaux de compétence.

Dans tous les cas, les interventions de l'enseignant doivent avoir pour objectif de permettre aux élèves de prendre conscience de leurs difficultés et d'y remédier, ou encore de consolider des acquis. Ses observations peuvent se faire pendant qu'ils travaillent : elles appellent alors des interventions immédiates de sa part. Elles peuvent aussi être notées dans des outils de consignation qui lui permettront ensuite de faire le point sur les réussites et les difficultés de chacun, de revenir avec eux sur les stratégies utilisées et les apprentissages réalisés, et d'ajuster son enseignement au besoin.

Soulignons enfin que, dans sa fonction d'aide à l'apprentissage, l'évaluation relève aussi de la responsabilité de chaque élève. L'enseignant pourra donc favoriser des pratiques d'autoévaluation, de coévaluation ou d'évaluation par les pairs, et proposer aux élèves des outils à cette fin.

La reconnaissance des compétences

Pour attester du niveau de développement des compétences atteint par chaque élève, l'enseignant doit disposer d'un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il pourra fonder son jugement. Pour s'assurer

de la validité de ce jugement, il se référera aux critères d'évaluation et aux attentes de fin de programme fixés pour chacune des trois compétences. Il devra également utiliser les échelles des niveaux de compétence élaborées pour ce programme.

Intervenir dans le contexte de l'éducation relative à l'environnement¹²

L'étude de réalités environnementales permet non seulement de contextualiser l'apprentissage des concepts scientifiques et technologiques, mais aussi d'aborder les aspects sociaux, politiques et éthiques de nombreuses découvertes et innovations issues de la science et de la technologie, et d'en saisir ainsi la signification et la portée.

Au delà de la simple transmission de connaissances concernant l'environnement et les problématiques qui y sont associées, l'éducation relative à l'environnement privilégie la construction, dans une perspective critique, de savoirs susceptibles d'accroître le pouvoir d'action des individus. Elle fait appel à une éthique environnementale et vise l'adoption d'attitudes, de valeurs et de conduites imprégnées de cette éthique.

L'éducation relative à l'environnement peut être abordée sous divers angles. On parlera d'éducation **au sujet de** l'environnement lorsque l'enseignement est axé sur le contenu et a pour objectif de susciter l'acquisition de connaissances relatives à l'environnement. Si l'environnement est plutôt perçu comme une ressource pédagogique (un contexte) pour l'enseignement de la science et de la technologie, on se situe dans une perspective d'éducation **par** l'environnement. L'éducation **pour** l'environnement est quant à elle axée sur la résolution et la prévention des problèmes environnementaux. Enfin, pour concrétiser les apprentissages, une éducation **dans** l'environnement exploite le milieu extérieur à l'école (pédagogie de terrain) ou encore le contexte biophysique ou social dans lequel on vit.

12. La conception de l'éducation relative à l'environnement présentée ici est inspirée de l'ouvrage de la chercheuse Lucie Sauvé : *Pour une éducation relative à l'environnement : Éléments de design pédagogique*, guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs, Montréal, Guérin, 1997, 361 p.

13. Lucie SAUVÉ, « Environnement et consommation : Stimuler l'engagement et construire l'espoir », *Spectre*, vol. 36, no 3, octobre 2006, p. 11.

L'environnement lui-même peut être considéré sous différents angles, dont l'enseignant devra tenir compte pour intervenir de manière appropriée. On peut l'assimiler à la nature qui nous entoure et qu'il faut apprendre à apprécier, à respecter et à préserver, ou encore y voir un milieu de vie à connaître ou à aménager, ce milieu pouvant s'étendre à la biosphère et toucher alors le vivre-ensemble à long terme. On peut également l'envisager comme un espace où abondent les problèmes à prévenir ou à résoudre, ou encore comme un système à comprendre pour être en mesure de prendre des décisions éclairées. Enfin, l'environnement peut être perçu comme une ressource à gérer et à partager et comme l'occasion de se donner un projet communautaire dans lequel s'engager. « C'est donc à travers un ensemble de dimensions interreliées et complémentaires que se déploie la relation à l'environnement. Une éducation relative à l'environnement limitée à l'une ou l'autre de ces dimensions reste donc incomplète et entretient une vision biaisée du rapport au monde¹³ ». Évidemment, il n'est pas possible d'aborder toutes ces dimensions dans une seule situation d'apprentissage et d'évaluation. Il importe néanmoins d'en couvrir un éventail aussi large que possible au cours de l'année en misant sur les multiples contextes offerts par la diversité des enjeux environnementaux.

L'élaboration ou l'analyse d'un bilan écologique et l'analyse des valeurs associées à des problématiques environnementales

Certaines stratégies pédagogiques élaborées dans le champ de l'éducation relative à l'environnement sont particulièrement bien adaptées à l'enseignement de la science et de la technologie. L'élaboration ou l'analyse d'un bilan écologique ainsi que l'analyse des valeurs associées à des problématiques environnementales font partie de ces stratégies.

L'élaboration et l'analyse d'un bilan écologique permettent d'évaluer les impacts environnementaux de l'ensemble des opérations se rapportant à un objet technique, à un système, à un produit ou à un procédé. Ces stratégies peuvent également s'appliquer à un individu, à un groupe d'individus, à un écosystème, à un pays, etc. Le bilan écologique consiste en une quantification des flux de matière et d'énergie entrants et sortants qui peuvent être associés au sujet soumis à l'étude. Dans le cas d'un produit, cela fait référence aux ressources énergétiques requises pour l'extraction des matières premières, à la transformation de ces matières en composants utilisables, à

la fabrication des produits intermédiaires et des produits finis, au transport des matériaux vers chaque phase de transformation, à la fabrication du produit étudié, à sa distribution, à son utilisation finale et à son élimination (recyclage, réutilisation, incinération ou mise aux rebuts).

Le bilan écologique doit prendre en compte plusieurs paramètres. Il oblige à raisonner, à émettre des hypothèses, à faire des déductions et à proposer des solutions. Il aide à caractériser l’empreinte écologique d’un groupe individus (ou d’un écosystème, d’un produit, d’un procédé, etc.), à en considérer les impacts sur l’environnement et à trouver une façon d’agir en conséquence.

D’un autre côté, étant donné que les problématiques environnementales sont basées sur des conflits de valeurs entre différents protagonistes, il importe de souligner que le recours à ces problématiques dans l’enseignement de la science et de la technologie implique nécessairement des discussions à caractère éthique. L’analyse des valeurs permet de mieux comprendre la dimension affective et morale d’une problématique environnementale. Elle consiste à identifier et à évaluer celles qui sous-tendent les positions des divers acteurs impliqués dans une situation controversée. Elle est axée sur la compréhension de la dimension affective des conflits, mais se situe à un niveau d’analyse qui se veut le plus objectif possible. Parallèlement, l’élève pourra clarifier et situer ses propres valeurs par rapport à celles qui viennent d’être analysées. Cette comparaison sera très utile au moment de construire son opinion.

Il importe cependant de mettre l’enseignant en garde contre les dérives possibles vers une forme d’endoctrinement des élèves. Il pourrait en effet, de manière plus ou moins consciente, ne favoriser que certains points de vue ou certaines idées. Or, sur le plan pédagogique, l’étude d’une problématique est pertinente lorsqu’on amène les élèves à explorer divers aspects et points de vue de manière à ce qu’ils développent eux-mêmes leur opinion.

Rôle de l’élève

Les élèves doivent s’engager activement dans leurs apprentissages, à l’aide de situations qui suscitent leur participation active, font appel à leur jugement critique et exigent d’eux qu’ils fassent preuve d’initiative, de créativité, d’autonomie et de rigueur intellectuelle. Pour ce faire, ils doivent construire et utiliser de multiples ressources internes (connaissances et techniques, habiletés, démarches, stratégies et attitudes). Si cela est nécessaire, ils cherchent des informations variées, sélectionnent les ressources matérielles utiles à leur démarche d’apprentissage ou recourent à des ressources humaines de leur environnement immédiat. Dans certains cas, il peut être intéressant pour eux de sortir du cadre familial ou scolaire. Leur milieu, les industries, les experts, les musées leur permettent de s’ouvrir au monde extérieur et de considérer d’autres points de vue.

Il est important que les élèves soient en mesure de recourir aux techniques appropriées lorsqu’ils exécutent leur plan d’action. S’ils utilisent des instruments de vérification ou de contrôle, ils doivent tenir compte des erreurs liées aux mesures, qu’elles soient attribuables à l’instrument, à l’opérateur ou à l’environnement. Ils doivent donc indiquer les mesures en utilisant un nombre adéquat de chiffres significatifs. De plus, il leur faut appliquer les normes de sécurité et faire preuve de prudence lors des manipulations en laboratoire et en atelier. Dans le doute, ils doivent faire appel à leur enseignant ou au technicien en travaux pratiques afin de s’assurer que leurs interventions sont sécuritaires ou qu’ils utilisent correctement le matériel mis à leur disposition.

En tout temps, il importe qu’ils se soucient de la qualité de la langue orale et écrite, que ce soit lors d’une présentation orale, de la rédaction d’un rapport de laboratoire, d’un article scientifique, d’une fiche technique ou encore d’une réflexion sur les impacts de la science et de la technologie.

Chaque élève est responsable de ses apprentissages et doit s’engager activement dans le développement des compétences en mobilisant de multiples ressources.

COMPÉTENCE 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

Sens de la compétence

La science et la technologie se caractérisent notamment par la rigueur de leurs démarches de résolution de problèmes. Dans tous les cas, les problèmes comportent des données initiales, un but à atteindre ainsi que des spécifications servant à en préciser la nature, le sens et l'étendue. Le fait de chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique implique le recours à divers modes de raisonnement ainsi qu'à différentes démarches associées à ces disciplines, telles les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale, empirique ou les démarches technologiques de conception et d'analyse. Ces démarches mobilisent des stratégies d'exploration ou d'analyse et nécessitent créativité, méthode et persévérance. Apprendre à y recourir et à les articuler avec pertinence permet de mieux comprendre la nature de l'activité scientifique et technologique.

Bien qu'elles reposent sur des procédés rigoureux, ces démarches ne sont pas à l'abri des erreurs et peuvent faire appel au tâtonnement. Aussi s'accompagnent-elles d'un questionnement visant à valider le travail en cours et à effectuer les ajustements nécessaires en fonction des buts fixés ou des choix effectués. Le résultat atteint soulevant parfois de nouveaux problèmes, les acquis sont toujours considérés comme provisoires et s'inscrivent dans un processus continu de recherche et d'élaboration de nouveaux savoirs.

Au deuxième cycle du secondaire comme au premier, un élève compétent dans la recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique doit savoir mettre en œuvre plusieurs de ces démarches pour résoudre des problèmes qui, dans certains cas, sont relativement complexes. Au premier cycle, les élèves apprennent à distinguer la démarche expérimentale de la démarche technologique de conception : l'accent est mis sur leurs spécificités respectives, sur les objectifs distincts qu'elles poursuivent, mais aussi sur leur complémentarité. Au deuxième cycle

s'ajoutent de manière plus explicite la démarche d'observation, la démarche de modélisation et la démarche empirique. On vise alors, pour toutes ces démarches, une intégration à plus ou moins long terme au sein d'une même recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.

Rarement simples, les problèmes de départ sont généralement abordés sous l'angle scientifique. Ils soulèvent de nombreuses questions plus spécifiques qui peuvent être regroupées en sous-problèmes, chacun renvoyant à des principes scientifiques ou à des procédés technologiques particuliers.

La première compétence est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches où la manipulation occupe une place centrale.

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'un ordre ou de l'autre repose sur un **processus dynamique et non linéaire**. Cela demande de circuler entre les différentes phases de la résolution d'un problème et de mobiliser les démarches, stratégies, techniques, principes et concepts appropriés. L'articulation de ces ressources suppose que l'on soit aussi en mesure de les adapter en tenant compte de la situation et de son contexte.

La résolution d'un problème commence toujours par la construction de sa représentation à partir d'indices significatifs et d'éléments jugés pertinents. Cette première représentation, parfois peu élaborée, pourra exiger plusieurs ajustements ultérieurs. En effet, la réalisation de nouveaux apprentissages, le recours à des informations ou à des connaissances antérieures qui n'avaient pas encore été prises en compte, les échanges d'idées avec les pairs ou l'enseignant, ou encore l'obtention de résultats expérimentaux imprévus donnent souvent lieu à des reformulations plus précises et plus proches du but à atteindre. La représentation initiale d'un problème peut donc être modifiée tout au long du processus. Il arrive aussi qu'une représentation adéquate soit élaborée dès le départ grâce à un solide bagage de connaissances spécifiques.

Une exploration de diverses possibilités de résolution doit ensuite être effectuée à partir de la représentation du problème. Après avoir sélectionné l'une d'elles, l'élève doit élaborer un plan d'action qui tient compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles imposées par le milieu et, d'autre part, des ressources dont il dispose pour résoudre le problème.

Lors de la mise en œuvre du plan, l'élève en exécute les étapes en prenant soin de consigner toutes les observations pouvant être utiles ultérieurement. De plus, s'il prend une mesure, il importe qu'il tienne compte des erreurs qui peuvent y être associées. De nouvelles données peuvent exiger une reformulation de la représentation du problème, l'adaptation du plan de départ ou la recherche de pistes de solution plus appropriées.

Vient ensuite l'analyse des résultats, qui a trait à l'organisation, à la classification, à la comparaison et à l'interprétation des résultats obtenus au cours du processus de résolution du problème. Elle consiste à repérer les tendances et les relations significatives qui les caractérisent, les relations qui s'établissent entre les résultats ou encore entre les résultats et les données initiales. Cette mise en relation permet de formaliser le problème, de valider ou d'invalider l'hypothèse, et de tirer une conclusion.

À tout moment du processus, des retours réflexifs doivent être effectués pour favoriser un meilleur contrôle de l'articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques utilisées et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

La plupart des démarches sur lesquelles repose cette compétence ne peuvent être mises en œuvre qu'au laboratoire ou en atelier. Les élèves doivent respecter les directives, travailler avec rigueur et avoir un souci d'efficacité et d'efficience. La sécurité doit être une préoccupation constante.

Cette compétence est indissociable des deux autres et ne saurait se développer isolément. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ne peut se faire indépendamment de l'appropriation et de la mise à profit de connaissances spécifiques. Les lois, les principes et les concepts propres à la discipline sont utilisés pour cerner un problème et pour le formuler en des termes qui le rapprochent d'une réponse ou d'une solution. Cette compétence exige également la maîtrise de stratégies de l'ordre de la communication. En effet, le processus de validation par les pairs est incontournable en science et en technologie, tout comme la compréhension et l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique ou technologique.

Attentes de fin de programme

À la fin de ces programmes, l'élève est en mesure de mettre en œuvre un processus de résolution de problèmes. Il s'approprie le problème à partir des données initiales et dégage le but à atteindre ou le besoin à cerner ainsi que les conditions à respecter. Il reformule le problème en faisant appel à des concepts scientifiques et technologiques. Il propose des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles qu'il est en mesure de justifier.

Il élabore sa planification en sélectionnant les démarches qui lui permettront d'atteindre son but. Il contrôle avec rigueur les variables importantes. Dans l'élaboration de son plan d'action, il choisit les outils conceptuels et matériels pertinents.

Il concrétise son plan d'action en travaillant de façon sécuritaire et l'ajuste au besoin. Il recueille des données en utilisant correctement le matériel choisi. Il tient compte de la précision des outils ou des équipements. En tout temps, il se préoccupe des erreurs liées aux mesures. En science, il analyse les données recueillies et en tire des conclusions ou des explications pertinentes. S'il y a lieu, il énonce de nouvelles hypothèses ou propose des améliorations à sa solution ou de nouvelles solutions. En technologie, il procède à la mise à l'essai de sa solution en s'assurant qu'elle répond au besoin ciblé ou aux exigences du cahier des charges. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

Tout au long du processus, l'élève inscrit au programme optionnel fait preuve de rigueur et recourt aux explications qualitatives et au formalisme mathématique requis pour appuyer son raisonnement.

Compétence 1 et ses composantes

Cerner un problème

Considérer le contexte de la situation • S'en donner une représentation
• Identifier les données initiales • Identifier les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts scientifiques et technologiques • Proposer des explications ou des solutions possibles

Élaborer un plan d'action

Explorer quelques-unes des explications ou des solutions provisoires • Sélectionner une explication ou une solution • Déterminer les ressources nécessaires • Planifier les étapes de sa mise en œuvre

Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique

Concrétiser le plan d'action

Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux techniques et aux autres ressources appropriées • Procéder à des essais, s'il y a lieu • Recueillir des données ou noter des observations pouvant être utiles • Apporter, si cela est nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action • Mener à terme le plan d'action

Analyser les résultats

Rechercher les tendances ou les relations significatives • Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • Établir des liens entre les résultats et les concepts scientifiques et technologiques • Proposer des améliorations, si cela est nécessaire
• Tirer des conclusions

Critères d'évaluation

- Représentation adéquate de la situation
- Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation
- Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence en science et technologie établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

COMPÉTENCE 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

Sens de la compétence

La science et la technologie ont des répercussions sur notre vie. Certaines sont positives et contribuent de façon notable à en améliorer la qualité. D'autres, par contre, soulèvent des enjeux d'ordre éthique à l'égard desquels il faut se situer. Toutes les sphères de l'activité humaine, qu'elles soient d'ordre personnel, social ou professionnel, sont touchées à des degrés divers, de telle sorte que la science et la technologie apparaissent aujourd'hui comme des outils indispensables pour comprendre le monde dans lequel nous vivons et pour nous y adapter. Afin de s'intégrer à la société et d'y exercer son rôle de citoyen de façon éclairée, l'individu doit donc disposer d'une solide culture scientifique et technologique impliquant la capacité de mettre à profit ses connaissances dans le domaine, quel que soit le contexte.

Au premier cycle du secondaire, les élèves ont appris à mettre à profit leurs connaissances scientifiques et technologiques en tentant de dégager des retombées de la science et de la technologie et de comprendre des phénomènes naturels de même que le fonctionnement de quelques objets techniques. Au deuxième cycle, cette réflexion se poursuit, mais le niveau des exigences est plus élevé. D'une part, les élèves sont confrontés à diverses problématiques sur lesquelles ils sont progressivement appelés à se construire une opinion, plusieurs questions étant alors soulevées et examinées selon différentes perspectives (aspects, points de vue, retombées, etc.). D'autre part, bien qu'ils soient amenés à exploiter les ressources conceptuelles qu'ils ont accumulées jusqu'alors, ils sont aussi forcés d'en acquérir de nouvelles pour en compenser les lacunes.

Au cours du deuxième cycle, les élèves sont ainsi appelés à situer les problématiques dans leur contexte. Cet exercice suppose qu'ils s'en construisent une représentation systémique qui prend en compte différents aspects (sociaux, historiques, économiques, technologiques, etc.) et les divers

points de vue sur le sujet (environnementalistes, syndicats, politiciens, etc.). Cette représentation leur permettra d'en dégager les enjeux éthiques, s'il y a lieu, et d'envisager des solutions dont ils pourront examiner certaines retombées à court et à long terme.

L'analyse d'une problématique exige de dégager certains principes scientifiques qui s'y rapportent. L'exercice de cette compétence suppose donc que les élèves se soient appropriés les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension de ces principes. Cette appropriation ne saurait toutefois se limiter à la simple maîtrise d'un formalisme mathématique ou à

Cette compétence implique que l'élève situe une problématique dans son contexte, qu'il dégager des principes scientifiques et technologiques qui y sont liés et qu'il construise son opinion.

l'application d'une recette. Comprendre un principe ou un phénomène consiste à s'en donner une représentation qualitative, et dans certains cas quantitative, qui permet de l'expliquer à l'aide de lois et de modèles, de le décrire, d'en saisir les relations, et parfois de prédire de nouveaux phénomènes. Les démarches empiriques, d'observation et de modélisation, entre autres, constituent donc des ressources dont les élèves peuvent tirer profit pour comprendre des principes scientifiques.

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques en cernant une problématique exige fréquemment d'analyser certains objets, systèmes, produits ou procédés qui y sont rattachés. Cette analyse consiste à en déterminer la fonction globale, à en comprendre le fonctionnement en reconnaissant ses diverses composantes et leurs fonctions respectives, à prendre en considération les caractéristiques techniques et les principes scientifiques sous-jacents, et enfin à se pencher sur les solutions adoptées pour les construire.

Par ailleurs, la mobilisation des connaissances scientifiques et technologiques ne serait pas complète sans l'exercice de la pensée critique. L'analyse systématique d'une problématique doit conduire les élèves à se forger graduellement une opinion à son égard. En ayant consulté différentes ressources qui présentent divers aspects et points de vue, ils pourront hiérarchiser les éléments d'information et en privilégier certains de manière à construire leur opinion. Ils seront alors capables de justifier ou de nuancer cette opinion en tenant compte d'informations nouvelles qui pourraient leur être présentées.

Des retours réflexifs doivent être effectués à tout moment du processus de résolution des problèmes associés à la problématique à l'étude pour favoriser une meilleure articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et les techniques liées à la problématique, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes.

Cette compétence fait également appel à des éléments de communication liés à la production, à l'interprétation et à la transmission de messages à caractère scientifique ou technologique ainsi qu'à l'utilisation des langages propres à la science et à la technologie.

Compétence 2 et ses composantes

Situer une problématique scientifique ou technologique dans son contexte

Identifier des aspects du contexte (social, environnemental, historique, etc.) • Établir des liens entre ces divers aspects • Dégager, s'il y a lieu, des enjeux éthiques liés à la problématique • Anticiper des retombées à long terme

Comprendre des principes scientifiques liés à la problématique

Reconnaître des principes scientifiques • Décrire ces principes de manière qualitative ou quantitative • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles

Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

Comprendre des principes technologiques liés à la problématique

Cerner la fonction globale d'un objet, d'un système, d'un produit ou d'un procédé • En identifier les diverses composantes et déterminer leurs fonctions respectives • En décrire des principes de fonctionnement et de construction • Mettre en relation ces principes en s'appuyant sur des concepts, des lois ou des modèles • Représenter schématiquement des principes de fonctionnement et de construction

Construire son opinion sur la problématique à l'étude

Chercher diverses ressources et considérer différents points de vue • Déterminer les éléments qui peuvent aider à construire son opinion • Justifier son opinion en s'appuyant sur les éléments considérés • Nuancer son opinion en prenant en considération celle des autres

Critères d'évaluation

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois, des modèles et des théories de la science et de la technologie
- Production d'explications ou de solutions pertinentes
- Justification adéquate des explications, des solutions, des décisions ou des opinions

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence en science et technologie établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

Attentes de fin de programme

À la fin de ces programmes, l'élève est en mesure d'analyser des situations ou de réagir à des questionnements liés à de grandes problématiques tirées du quotidien, de l'actualité, etc. Il les aborde sous l'angle de la science et de la technologie. Il circonscrit la problématique en explorant divers aspects (sociaux, environnementaux, économiques, politiques, technologiques, etc.) et en dégage, s'il y a lieu, les principaux enjeux éthiques. Quand cela est pertinent, il est à même d'évaluer les retombées à long terme liées aux enjeux soulevés.

Lorsque l'élève analyse un problème sous l'angle de la science, il tente de reconnaître les principes en cause. Au regard de ces principes, il formule une explication ou une solution provisoire qu'il valide en s'appuyant sur les concepts, les lois, les théories et les modèles pertinents. Il est en mesure de décrire de manière qualitative ces principes scientifiques et il peut recourir au formalisme mathématique pour justifier son explication. L'élève inscrit au programme optionnel doit recourir au formalisme mathématique, lorsque la situation l'exige.

Lorsque l'élève analyse un problème sous l'angle de la technologie, il en détermine la fonction globale. Il examine l'objet, le système technologique ou le produit afin d'en observer les principaux éléments constitutifs. Il manipule l'objet ou le système et le démonte au besoin afin d'en comprendre les principaux sous-systèmes et mécanismes. L'élève inscrit au programme optionnel est en mesure de décrire de manière qualitative les principes de fonctionnement en s'appuyant sur les concepts, les lois et les modèles pertinents. Il justifie les solutions retenues lors de la conception ou de la construction de l'objet technique ou du système technologique en recourant, lorsque la situation le permet, au formalisme mathématique.

Après avoir exploré divers aspects (sociaux, environnementaux, économiques, politiques, technologiques, etc.) ou divers enjeux éthiques liés à une problématique, l'élève effectue une recherche pour connaître différents points de vue sur la question. Il donne priorité aux informations qu'il juge importantes tout en s'assurant de la crédibilité des sources. Il se forge ainsi une opinion fondée en s'appuyant entre autres sur des principes scientifiques et technologiques. Il est en mesure de justifier son opinion et de la reconsidérer en fonction de nouvelles informations. L'élève inscrit au programme optionnel justifie son opinion à l'aide d'une argumentation riche et variée.

Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans la construction des savoirs scientifiques et technologiques. Dans la mesure où ils sont socialement élaborés et institués, ils ne se construisent que dans le partage de significations, l'échange d'idées et la négociation de points de vue. Cela exige l'emploi d'un langage standardisé, c'est-à-dire d'un code qui délimite le sens des signes linguistiques et graphiques en fonction de l'usage qu'en fait la communauté technoscientifique. La diffusion des savoirs obéit aussi à des règles. Les résultats de recherche doivent en effet être soumis à un processus de validation par les pairs avant d'être largement diffusés dans la communauté et le grand public. La communication peut donc revêtir diverses formes selon qu'elle s'adresse aux membres de cette communauté ou qu'elle vise à informer un public non initié.

Au deuxième cycle du secondaire comme au premier, les élèves doivent être aptes à communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie et doivent savoir recourir aux normes et aux conventions propres à ces disciplines lorsqu'ils participent à des échanges sur des questions d'ordre scientifique ou technologique ou qu'ils interprètent ou produisent des informations de cette nature. Il importe également qu'ils apprennent à respecter la propriété intellectuelle des personnes dont ils reprennent les idées ou les résultats. Une importance toute particulière doit être accordée à l'interprétation, sans négliger pour autant la participation à des échanges ou la production de messages.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation de l'élève à des échanges d'information, à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique ou technologique.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation des élèves à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique, qu'il s'agisse de partager le fruit d'un travail avec des pairs, de rechercher auprès d'experts des réponses à un questionnement ou encore de contribuer à des activités telles que l'analyse ou la conception d'objets, de systèmes ou de produits, la présentation d'un projet ou la rédaction d'une fiche technique. Particulièrement utiles pour aider les élèves

à préciser leurs représentations et à valider un point de vue en le confrontant à celui des autres, ces situations doivent aussi viser l'adoption d'une attitude d'ouverture et de réceptivité à l'égard de la diversité des connaissances, des points de vue et des approches. Une attention particulière doit être portée au fait que certains termes n'ont pas la même signification dans le langage courant et dans le langage spécifique de la science ou de la technologie.

Le sens des concepts peut également différer selon le contexte disciplinaire dans lequel ils sont utilisés. Il est donc indispensable que les élèves prennent en compte le contexte de la situation de communication pour déterminer les enjeux de l'échange et adapter leur comportement en conséquence.

L'interprétation, qui représente une autre composante importante de la compétence, intervient tout autant dans la lecture d'un article scientifique ou technique que dans l'écoute d'un exposé oral, dans la compréhension d'un rapport de laboratoire ou dans l'utilisation d'un cahier des charges, d'un dossier technique ou d'un plan. Toutes ces activités exigent des élèves qu'ils saisissent le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés et qu'ils donnent la signification exacte d'un graphique, d'un schéma ou d'un dessin de détail. Ils doivent aussi établir des liens explicites entre les concepts comme tels et leur représentation graphique ou symbolique. Lorsqu'ils s'adonnent à une activité d'écoute ou qu'ils consultent des documents, il leur faut en outre vérifier la crédibilité des sources et sélectionner les informations qui leur semblent pertinentes.

La production de messages à caractère scientifique ou technologique est également un aspect important de cette compétence puisque les situations peuvent exiger des élèves qu'ils élaborent un protocole de recherche, rédigent un rapport de laboratoire, préparent un dossier technique, conçoivent un prototype, résument un texte, représentent les détails d'une pièce ou fassent un exposé sur une question d'ordre scientifique ou technologique. La prise en compte du destinataire ou des particularités du public ciblé constitue un passage obligé pour la délimitation du contexte de ces productions. Cela demande que les élèves déterminent un niveau d'élaboration accessible au public ciblé, structurent le message en conséquence et choisissent des formes et des modes de représentation appropriés à la communication. Le souci de bien utiliser les concepts, les formalismes, les symboles, les graphiques, les schémas et les dessins contribue à donner de la clarté, de la cohérence et de la rigueur au message. Dans ce type de communication, le recours aux technologies de l'information et de la communication peut s'avérer utile ou offrir un enrichissement substantiel.

Au cours de leur participation à un échange, les élèves doivent effectuer des retours réflexifs pour favoriser une meilleure articulation des stratégies de production et d'interprétation. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques associées à la communication, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences du contexte de l'échange.

Cette compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux autres, dont elle vient renforcer le développement. Tout en contribuant de manière significative à leur donner toute leur étendue, elle s'enrichit de la compréhension accrue qui résulte des recherches et des réalisations qui les caractérisent. La première compétence, axée sur la résolution de problèmes d'ordre scientifique ou technologique, fait appel à des normes et à des conventions, et ce, tant pour l'élaboration d'un protocole de recherche ou d'un scénario de réalisation que pour l'explication de lois et de principes ou la présentation de résultats expérimentaux. Tableaux, symboles, graphiques, schémas, dessins de détail ou d'ensemble, maquettes, équations mathématiques et modèles sont autant de modes de présentation qui peuvent soutenir la communication, mais qui nécessitent de respecter les règles d'usage propres à la science, à la technologie et à la mathématique.

L'appropriation des concepts scientifiques et technologiques de même que leur mise à profit, qui font l'objet de la deuxième compétence, exigent un langage et un type de discours appropriés. Par exemple, les lois scientifiques, qui sont une façon de modéliser les phénomènes, s'expriment généralement par des définitions ou des formalismes mathématiques. Les comprendre, c'est pouvoir les relier aux phénomènes qu'ils ont pour objectif de représenter.

Compétence 3 et ses composantes

Participer à des échanges d'information à caractère scientifique et technologique

Faire preuve d'ouverture • Valider son point de vue ou sa solution en les confrontant avec ceux d'autres personnes • Intégrer à sa langue orale et écrite un vocabulaire scientifique et technologique approprié

Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique

Faire preuve de vigilance quant à la crédibilité des sources • Repérer des informations pertinentes • Saisir le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés • Établir des liens entre des concepts et leurs diverses représentations graphiques ou symboliques • Sélectionner les éléments significatifs

Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique

Tenir compte du destinataire et du contexte • Structurer son message • Utiliser les formes de langage appropriées dans le respect des normes et des conventions établies • Recourir aux formes de présentation appropriées • Démontrer de la rigueur et de la cohérence

Critères d'évaluation

- Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique
- Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique
- Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science et à la technologie

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence en science et technologie établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

Programme de formation de l'école québécoise

Attentes de fin de programme

› 22
Chapitre 6

À la fin de ces programmes, l'élève interprète et produit, sous une forme orale, écrite ou visuelle, des messages à caractère scientifique ou technologique.

Lorsqu'il interprète un message, il a recours aux langages associés à la science et à la technologie. Selon la situation, il utilise avec rigueur tant le langage scientifique, technologique, mathématique ou symbolique que le langage courant. Il tient compte de la crédibilité de la source d'information. Lorsque cela est nécessaire, il définit les mots, les concepts et les expressions en s'appuyant sur des sources crédibles. Parmi toute l'information consultée, il repère et utilise les éléments qu'il juge pertinents et nécessaires à l'interprétation juste du message.

Il produit des messages structurés et clairs et les formule avec rigueur. Il respecte les conventions tout en utilisant des modes de représentation appropriés. Il choisit et utilise adéquatement des outils, dont les technologies de l'information et de la communication, qui l'aident à bien livrer son message. S'il y a lieu, il adapte son message à ses interlocuteurs. Il est en mesure d'explicitier, en langage courant, le sens du message qu'il produit ou qu'il a interprété. Quand la situation l'exige, il confronte ses idées avec celles de ses interlocuteurs. Il défend alors ses idées, mais s'ajuste quand les arguments d'autrui lui permettent de mieux préciser sa pensée. En tout temps, il respecte la propriété intellectuelle dans la production de son message.

Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire

Les programmes de science et technologie visent la consolidation et l'enrichissement par les élèves de leur culture scientifique et technologique. À cette intention s'ajoute celle de former des utilisateurs de la science et de la technologie conscients de l'importance de considérer les impacts environnementaux à court, à moyen et à long terme. S'ajoute également l'intention de préparer un certain nombre d'élèves à s'orienter vers des carrières leur permettant d'assumer un rôle de surveillance et d'évaluation de ces impacts dans la communauté.

Le programme optionnel de science et technologie de l'environnement privilégie les mêmes ressources que celles du programme obligatoire de science et technologie. Plusieurs concepts et d'autres ressources ont cependant été ajoutés. Leur appropriation rend les élèves du parcours de formation générale aptes à accéder aux programmes optionnels offerts en cinquième secondaire.

Les ressources à construire dans le cadre du programme optionnel s'ajoutent à celles du programme de base pour permettre une élaboration conceptuelle plus approfondie dans le contexte des problématiques environnementales décrites à l'annexe A. Aux problématiques suggérées dans le programme de base, soit les changements climatiques, le défi énergétique de l'humanité, l'eau potable et la déforestation, s'ajoutent pour le programme optionnel celles de l'énergie¹⁴, des matières résiduelles et de la production alimentaire. Ces problématiques constituent des lieux d'intégration privilégiés pour le développement des compétences disciplinaires et l'appropriation des concepts.

Les ressources sont présentées en deux parties. La première est consacrée aux concepts prescrits, et la seconde porte sur les démarches, les stratégies et les attitudes à acquérir ainsi que les techniques prescrites. Les démarches correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en science et technologie. Les stratégies sont mises en œuvre lors de l'exercice des compétences en vue de l'articulation des

14. Dans ce programme optionnel, la problématique de l'énergie s'inscrit dans le prolongement de la problématique du défi énergétique de l'humanité présentée à la deuxième année du programme de science et technologie.

démarches. Les attitudes, qu'elles soient liées au savoir ou au savoir-agir, engagent et responsabilisent les élèves. Enfin, les techniques renvoient à des procédés méthodiques fréquemment utilisés en science et en technologie. Leur rôle dans le développement des compétences s'avère fondamental.

Concepts prescrits

Les concepts prescrits sont regroupés dans quatre univers : l'univers vivant; l'univers matériel; la Terre et l'espace; et l'univers technologique. Comme ces univers sont interreliés, ils ne doivent pas être abordés séparément ni de manière séquentielle. Il en est de même des concepts, qui ne doivent pas non plus être abordés selon une séquence chronologique prédéterminée, mais au moyen de situations d'apprentissage et d'évaluation intégratives.

Chaque univers est présenté dans un tableau à deux colonnes. Dans la première figurent les concepts généraux ainsi que les orientations qui élaborent, contextualisent et précisent les assises conceptuelles, tout en laissant une certaine latitude à l'enseignant. À l'occasion, des notes fournissent des précisions supplémentaires sur la portée des concepts et sur les limites à donner à leur étude. La deuxième colonne présente la liste, non limitative, des concepts prescrits. Il est en effet souhaitable que la richesse des situations d'apprentissage et d'évaluation permette d'aller au delà des exigences minimales.

Un tableau de repères culturels figure à la fin de la présentation de chaque univers. Destinés à enrichir les situations d'apprentissage et d'évaluation, ces repères contribuent à donner un caractère intégratif aux activités pédagogiques en les ancrant dans la réalité sociale, culturelle ou quotidienne des élèves. Ils permettent souvent d'établir des liens avec les domaines généraux de formation et avec d'autres domaines d'apprentissage.

Cette section se termine par un tableau synthèse qui offre une vue d'ensemble des concepts prescrits de ces programmes.

Les concepts prescrits de même que les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées dans ces programmes constituent des ressources pour le développement des compétences.

Univers vivant

L'étude des problématiques environnementales proposées dans ces programmes s'articule autour de cinq concepts d'écologie et des concepts de base de la génétique mendélienne. D'une part, l'appropriation des concepts de population, de dynamique des communautés, de dynamique des écosystèmes, d'empreinte écologique et d'écotoxicologie permet de comprendre les niveaux d'organisation des vivants, leur relation à leur

environnement et certains effets de l'activité humaine sur ces vivants. D'autre part, une connaissance des concepts de base de la génétique mendélienne s'impose pour saisir les défis associés à la conservation de la biodiversité ainsi que les enjeux liés à cette capacité qu'a l'humain de modifier la nature même des vivants qui l'entourent.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Écologie</p> <p>Plusieurs individus de la même espèce qui occupent le même territoire forment une population. Chaque population est caractérisée par la façon dont elle est distribuée sur un territoire ainsi que par sa densité. L'influence des facteurs abiotiques et biotiques est déterminante dans l'étude de la dynamique des populations. Plusieurs de ces facteurs tels que la natalité, la mortalité, l'immigration et l'émigration jouent un rôle important dans les cycles biologiques d'une population. Par ailleurs, la reproduction et la survie des individus sont étroitement liées à l'accessibilité aux ressources du milieu.</p> <p>Une population n'est jamais seule à occuper un territoire. Plusieurs types d'interactions biotiques se produisent entre plusieurs populations, qui constituent alors une communauté. Chaque communauté se caractérise par une structure trophique et une abondance relative des espèces qui la composent (biodiversité). La structure trophique, définie par les relations entre les organismes qui forment des réseaux alimentaires, est déterminante pour expliquer la dynamique des communautés. Ces réseaux alimentaires sont influencés à la fois par les nutriments disponibles à la base de la chaîne alimentaire et par les grands prédateurs à son sommet. Des modifications dans la structure et la composition des communautés surviennent lorsque des perturbations provoquent un déséquilibre. Dès lors, une série de changements s'opèrent progressivement afin de rétablir l'équilibre dans la communauté : on parle alors de successions écologiques. L'action des humains et les catastrophes naturelles sont les principaux agents de perturbation au sein des communautés.</p> <p>Un autre facteur peut jouer un rôle important dans la perturbation des relations au sein des communautés. Il s'agit de la présence de microorganismes pathogènes dans l'environnement (bactéries, virus, champignons, parasites). Certains de ces agents peuvent avoir un effet allergisant, toxique ou même mortel dans certains cas.</p> <p>Quant aux écosystèmes, ils se caractérisent tous par les relations qu'entretiennent les organismes d'une communauté avec les facteurs abiotiques du milieu. Grâce à l'action des organismes autotrophes, l'énergie entre dans l'écosystème et est transformée en matière organique. Cette productivité primaire (biomasse) a une influence sur la quantité d'énergie totale de l'écosystème. L'énergie solaire qui est convertie en énergie chimique est transmise d'un niveau trophique à un autre par l'intermédiaire de la nourriture et dissipée sous forme de chaleur. À tous les niveaux trophiques, des processus biologiques et géologiques rendent possible la remise en circulation des divers nutriments : on parle alors de recyclage chimique. L'action des micro-organismes et des décomposeurs est cruciale dans le processus de décomposition organique qui permet la remise en circulation des divers éléments inorganiques.</p> <p>L'étude des changements climatiques et celle du défi énergétique de l'humanité sont particulièrement pertinentes pour comprendre la circulation de l'énergie et le recyclage de la matière au sein des écosystèmes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Étude des populations (densité, cycles biologiques) – Dynamique des communautés <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité • Perturbations – Dynamique des écosystèmes <ul style="list-style-type: none"> • Relations trophiques • Productivité primaire • Flux de matière et d'énergie • Recyclage chimique – <u>Empreinte écologique</u> – <u>Écotoxicologie</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Contaminant</u> • <u>Bioconcentration</u> • <u>Bioaccumulation</u> • <u>Seuil de toxicité</u>

Univers vivant (Suite)

Orientations	Concepts prescrits
<p>L’empreinte écologique vise à évaluer concrètement l’impact des activités humaines sur les écosystèmes, afin d’envisager une gestion équilibrée des ressources. Elle correspond à la surface biologiquement productive de la Terre qui est nécessaire pour assurer le niveau de vie et l’élimination des déchets d’un individu ou d’une population.</p> <p>L’écotoxicologie concerne les effets à long terme de certaines pollutions récurrentes sur les écosystèmes. Alors que des contaminants peuvent être dégradés par des processus naturels, d’autres s’accumulent dans les écosystèmes ou dans les organismes vivants, dans les cours d’eau, les lacs et les étangs. C’est le cas des phosphates et du mercure. Ainsi, l’exposition prolongée d’un réseau trophique aux substances toxiques explique que l’on retrouve parfois ces polluants dans les organismes aquatiques à une concentration supérieure à celle que l’on mesure dans l’eau dans laquelle ils vivent.</p> <p>La toxicité de chaque contaminant dépend notamment de sa concentration, des caractéristiques du milieu dans lequel il est rejeté, de la nature des organismes avec lesquels il est en contact et de la durée de l’exposition. Afin d’évaluer les effets d’un type de polluant sur les organismes, plusieurs données sont disponibles. Parmi celles-ci, on retiendra le seuil de toxicité, soit la quantité minimale de contaminant (en mg par kg de masse de l’organisme) qui produit un effet néfaste notable sur un organisme.</p> <p>Note : Dans le cadre du programme optionnel, les élèves ne devront faire qu’une évaluation qualitative de la toxicité du milieu à l’étude, basée sur des données qui leur seront fournies.</p>	
<p>Génétique</p> <p>Les croisements végétaux et animaux permettent de favoriser l’émergence d’une caractéristique utile chez la majorité des individus d’une espèce. Le génie génétique peut, par l’ajout ou la modification de gènes, faire perdre ou acquérir de nouvelles caractéristiques aux végétaux et aux animaux, et ce, dès la première génération. En effet, le gène, unité de base de l’hérédité, détermine la transmission d’un caractère particulier. Chaque gène de cellule eucaryote est composé de deux allèles qui peuvent exister en plusieurs variantes. La transmission, et par le fait même l’expression, des gènes n’est pas toujours assurée. Ainsi, lorsque les parents ont fourni deux allèles identiques d’un gène particulier, l’individu est homozygote pour ce gène et le trait porté par les allèles est exprimé. Par contre, s’il possède deux allèles différents, on le dit hétérozygote pour ce gène et plusieurs possibilités sont envisageables, dont la dominance, qui est observée lorsqu’un allèle dominant s’exprime au détriment de l’allèle récessif. Ceci implique qu’en modifiant le génotype d’un vivant, on modifie généralement des caractéristiques anatomiques, morphologiques et physiologiques observables, c’est-à-dire son phénotype.</p> <p>De plus, le code génétique d’un individu porte les instructions pour la synthèse des protéines nécessaires au fonctionnement optimal de son organisme. Chaque gène, ou segment d’ADN, contient les instructions pour la production d’une chaîne polypeptidique particulière. La transcription de l’ADN en ARN messager se déroule dans le noyau, alors que la traduction en chaîne d’acides aminés à l’aide de l’ARN de transfert se déroule sur un ribosome, dans le cytoplasme. L’intégrité des molécules d’ADN et de ces processus est garante de la santé de l’organisme, car une infime erreur peut entraîner la formation d’une protéine inadéquate et avoir des effets physiologiques négatifs. Certaines substances présentes dans l’environnement ont un effet cellulaire qui peut dérégler la synthèse de protéines ou modifier la molécule d’ADN.</p> <p>Note : Dans ce programme ainsi que dans celui de science et technologie de la première année du deuxième cycle, on retrouvera les concepts de biotechnologie parmi les concepts appartenant à l’univers technologique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Hérité – Gène – Allèle – Caractère – Génotype et phénotype – Homozygote et hétérozygote – Dominance et récessivité – Synthèse des protéines – Croisement

Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
Charles Darwin Alfred Wallace Hermann Müller Alfred Hershey Martha Chase René Truhaut Mathis Wackernagel William Rees	Aires protégées Jardins zoologiques Réserves mondiales de l'UNESCO Groupes environnementaux Musées de science et de technologie Sociétés de conservation Chaires, centres et instituts de recherche en éducation relative à l'environnement Biosphère d'Environnement Canada Conseils régionaux de l'environnement	Activités de dépollution Protection de l'environnement Développement durable	Découverte de la structure de l'ADN Sommets de la Terre Protocole de Kyoto Forum mondial de l'eau

Univers matériel

Les concepts prescrits en ce qui a trait à l'univers matériel sont regroupés autour de sept concepts généraux : les propriétés physiques des solutions; les transformations chimiques; l'organisation de la matière; la classification périodique; les transformations nucléaires; l'électricité et l'électromagnétisme;

et les transformations de l'énergie mécanique. Ils ont été retenus en raison de leur importance pour l'étude de diverses problématiques environnementales.

Orientations	Concepts prescrits
<p>Propriétés physiques des solutions</p> <p>Dans l'environnement, la matière est généralement présente sous la forme de mélanges dont plusieurs sont des solutions aqueuses. La propriété de l'eau de dissoudre de nombreuses substances est essentielle à la compréhension de nombreux phénomènes vitaux et environnementaux. Une attention particulière sera portée aux propriétés des solutions aqueuses d'acides, de bases et de sels. Ces solutions se définissent par leurs propriétés mesurables et observables.</p> <p>Les propriétés physiques des solutions aqueuses varient selon les constituants et leurs proportions. La solubilité d'un solide ou d'un gaz s'exprime en grammes de soluté pour un volume donné de solvant. Elle varie notamment selon la température. La concentration s'exprime en parties par million (ppm), en pourcentage, en grammes <u>ou en moles</u> de soluté par litre de solution. Au cours du cycle naturel de l'eau, la dissolution, la dilution et l'évaporation causent des variations de concentration des substances dissoutes.</p> <p>Certaines substances en solution dans l'eau permettent le passage du courant. Ce sont les électrolytes. Ils sont dits forts ou faibles selon leur conductibilité électrique lorsqu'ils sont dissous dans l'eau. La transformation physique qui s'opère lors de la mise en solution dans l'eau et la conductibilité électrique des solutions d'électrolytes s'expliquent par la dissociation des molécules d'électrolytes en ions.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Concentration (ppm, <u>mole/L</u>) – Électrolytes – <u>Force des électrolytes</u> – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique
<p>Transformations chimiques</p> <p>Les propriétés chimiques d'une substance ou d'un groupe de substances sont en rapport avec leurs transformations chimiques particulières au contact l'une de l'autre. Les produits de ces transformations étant différents des réactifs, ils seront caractérisés par d'autres propriétés. Le nombre d'atomes de chaque élément et leur masse se conservent toutefois. Sur cette base, des équations chimiques sont balancées. <u>Des calculs sur les quantités (en moles et en grammes) de matière qui participent à une réaction chimique sont effectués. Ils permettent également de prévoir la quantité d'énergie produite ou absorbée.</u></p> <p>Diverses réactions chimiques, en rapport avec chacun des thèmes, sont examinées. Elles mettent en évidence le fait que les atomes de différents éléments et les ions ont un pouvoir combinatoire déterminé en relation avec leur structure. <u>La tendance des atomes à acquérir la structure électronique périphérique du gaz inerte voisin, par gain, par perte ou par mise en commun d'électrons, est déterminée par le nombre et la disposition des électrons dans les atomes.</u></p> <p>Note : <u>Les calculs stœchiométriques sont effectués en supposant que les réactions chimiques sont complètes. Lors de l'étude des liaisons, les éléments de transition ne sont pas considérés.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Combustion – <u>Oxydation</u> – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – <u>Sels</u> – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse – <u>Stœchiométrie</u> – <u>Nature de la liaison</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Covalente</u> • <u>Ionique</u> – <u>Réactions endothermique et exothermique</u>

Orientations	Concepts prescrits
<p>Organisation de la matière</p> <p>Au cours de l'histoire, différents modèles d'organisation de la matière ont été proposés pour expliquer ses propriétés et ses transformations. Le modèle atomique de Rutherford-Bohr rend compte de l'existence de deux types de particules (protons et électrons) et de leur organisation : le noyau est constitué, entre autres, de protons, et les électrons, en nombre égal à celui des protons, circulent autour du noyau <u>sur des couches électroniques qui correspondent à différents niveaux énergétiques. Quant au modèle atomique simplifié, il intègre une seconde particule nucléaire (le neutron) dont l'existence a été confirmée et prend en compte trois types de particules.</u></p> <p><u>La matière s'organise également au niveau moléculaire et ionique. La nomenclature et l'écriture des formules de divers composés usuels, y compris ceux formés à l'aide des ions polyatomiques les plus fréquents, s'appuient sur les règles en usage.</u></p> <p><u>La notion de mole et le nombre d'Avogadro sont abordés pour permettre les calculs qui déterminent les relations quantitatives entre les réactifs et les produits au cours des réactions chimiques.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – <u>Modèle atomique simplifié</u> – <u>Neutron</u> – <u>Règles de nomenclature et d'écriture</u> – <u>Ions polyatomiques</u> – <u>Notion de mole</u> – <u>Nombre d'Avogadro</u>
<p>Classification périodique</p> <p>Le tableau de la classification périodique des éléments recèle une foule d'informations. Certaines sont utilisées pour expliquer des propriétés des métaux, des non-métaux et des métalloïdes, et pour prévoir des comportements en mettant en relation la structure atomique, les propriétés des éléments <u>et le type de liaison qui unit les atomes.</u></p> <p><u>Tous les éléments sont classés par ordre croissant de numéro atomique. Ce numéro désigne le nombre de protons contenus dans le noyau et permet de différencier les éléments. Cette classification met en évidence (avec quelques irrégularités) la croissance des masses atomiques, la structuration par famille d'éléments ayant des propriétés chimiques semblables et la périodicité de certaines propriétés physiques et chimiques des éléments.</u></p> <p><u>Certains atomes d'un même élément diffèrent cependant les uns des autres par leur nombre de neutrons et donc par leur masse atomique. Ce sont les isotopes. Ils occupent la même position dans le tableau de classification périodique parce qu'ils ont le même numéro atomique et les mêmes propriétés chimiques. Les isotopes sont naturellement présents, mais ils peuvent aussi être produits en laboratoire ou par l'industrie.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Familles et périodes du tableau périodique – <u>Masse atomique relative</u> – <u>Numéro atomique</u> – <u>Périodicité des propriétés</u> – <u>Isotopes</u>
<p>Transformations nucléaires</p> <p><u>Les transformations de la matière sont dites « nucléaires » lorsqu'elles se produisent dans le noyau d'un atome. Au cours de ces transformations, les forces de liaison des nucléons s'avèrent insuffisantes pour maintenir la stabilité du noyau. De nouveaux noyaux sont engendrés (plus lourds lors de la fusion et plus légers lors de la fission), des particules se déplacent à grande vitesse (énergie cinétique) et d'importantes quantités d'énergie se dégagent sous forme de rayonnement.</u></p> <p><u>Le potentiel énergétique du nucléaire est énorme. Cependant, si l'utilisation des substances radioactives présente des avantages indéniables, elle n'est pas sans conséquences environnementales.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – <u>Stabilité nucléaire</u> – <u>Radioactivité</u> – <u>Fission et fusion</u>

Univers matériel (Suite)

Orientations	Concepts prescrits
<p>Électricité</p> <p>La connaissance de la matière présente dans l’environnement passe aussi par l’exploration de ses propriétés électriques. En effet, des charges électriques peuvent apparaître sur certaines matières neutres à la suite de leur frottement avec un objet constitué d’une autre matière. Ces charges subissent une force d’attraction lorsqu’elles sont de signes contraires et une force de répulsion lorsqu’elles sont de mêmes signes. <u>Cette force est directement proportionnelle au produit de deux charges et inversement proportionnelle au carré de la distance entre elles. L’intensité du champ électrique produit par une charge en un point est directement proportionnelle à cette charge et inversement proportionnelle au carré de la distance du point à la charge.</u> L’apparition de charges électriques s’explique par la mobilité des charges négatives (les électrons) et par leur accumulation à la surface de certaines substances. L’affinité de différents matériaux pour les électrons permet d’expliquer plusieurs phénomènes électriques observés dans la vie quotidienne.</p> <p>Certains éléments et matériaux sont de bons conducteurs d’électricité. Ils sont utilisés pour transmettre le mouvement des électrons dans des circuits électriques. Les circuits électriques examinés peuvent être constitués de divers éléments reliés en série ou en parallèle. La loi d’Ohm établit la relation entre la tension, la résistance et l’intensité du courant dans un circuit. À ces grandeurs sont associées des unités de mesure. <u>Les lois de Kirchhoff s’ajoutent à la loi d’Ohm pour déterminer l’intensité et la tension aux bornes des différents éléments d’un circuit. Indirectement, elles permettent le calcul des résistances équivalentes d’un circuit.</u></p> <p>Certains éléments des circuits transforment également une partie de l’énergie électrique en une autre forme d’énergie. Des relations sont établies entre l’énergie électrique consommée et la tension du circuit, l’intensité du courant et le temps. Quant à la puissance électrique d’un appareil, elle est déterminée par sa consommation d’énergie par unité de temps. À ces grandeurs sont associées des unités de mesure.</p> <p>Note : En électricité, le travail sur des circuits mixtes n’est pas exigé. <u>L’étude de la loi de Coulomb s’effectue de manière qualitative et quantitative. La force électrique est mesurée entre deux charges.</u></p>	<ul style="list-style-type: none">– Charge électrique– Électricité statique– Loi d’Ohm– Circuits électriques– Lois de Kirchhoff– Relation entre puissance et énergie électrique– Champ électrique– Loi de Coulomb
<p>Électromagnétisme</p> <p>La connaissance de la matière passe également par l’exploration de ses propriétés magnétiques. Certaines matières ont la propriété de créer un champ magnétique. Des pôles de mêmes noms se repoussent alors que des pôles de noms différents s’attirent.</p> <p>Un courant électrique engendre aussi un champ magnétique, <u>que le fil soit droit ou enroulé.</u> Par convention, les lignes du champ magnétique engendrées par un aimant, qu’il soit naturel ou artificiel, sont déterminées par l’orientation (direction et sens) du pôle Nord de l’aiguille d’une boussole placée dans le même champ. L’identification rapide du sens des lignes de champs magnétiques peut être effectuée en appliquant les règles de la main droite ou de la main gauche, selon que l’on choisit de considérer le sens conventionnel du courant ou le sens réel du mouvement des électrons.</p> <p>Note : En électromagnétisme, seuls les aspects qualitatifs sont abordés.</p>	<ul style="list-style-type: none">– Forces d’attraction et de répulsion– Champ magnétique d’un fil parcouru par un courant– <u>Champ magnétique d’un solénoïde</u>

Orientations		Concepts prescrits	
<p>Transformations de l'énergie mécanique</p> <p>L'énergie est présente dans l'environnement sous diverses formes. Quelle que soit cette forme, elle correspond au travail qu'un système est susceptible de produire. Ce travail implique une force et un déplacement. La relation entre le travail, la force et le déplacement sera examinée selon que le point d'application de la force se déplace dans la même direction que la force ou dans une direction différente.</p> <p>Avec des moyens appropriés, il est possible de convertir une forme d'énergie en une autre. Dans un système isolé, l'énergie totale est conservée au cours de ces transformations. Si le système n'est pas isolé, il perd une certaine quantité d'énergie qui est récupérée par le milieu et les systèmes extérieurs avoisinants. L'énergie transformée correspond au travail fourni. Les transformations de l'énergie cinétique à l'énergie potentielle, et inversement, sont considérées.</p> <p>Un corps chaud a une capacité d'action particulière : en se refroidissant, il provoque le réchauffement d'un corps plus froid avec lequel il est en contact. Quoique chaleur et température soient souvent utilisées comme des synonymes dans la vie courante, une distinction entre les deux est nécessaire, en particulier pour aborder les problématiques relatives aux changements climatiques. La relation entre la quantité d'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température sera examinée.</p> <p>Note : Les aspects qualitatifs et <u>quantitatifs</u> des transformations d'énergie sont traités.</p>		<ul style="list-style-type: none"> – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre chaleur et température – <u>Relation entre le travail, la force et le déplacement</u> – <u>Relation entre la masse et le poids</u> – <u>Force efficace</u> – <u>Relation entre le travail et l'énergie</u> – <u>Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement</u> – <u>Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse</u> – <u>Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température</u> 	
Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
Svante Arrhenius Thomas Edison Blaise Pascal Isaac Newton Hans Oersted Joseph Henry Michael Faraday James Watt Ernest Rutherford Niels Bohr Gilbert Lewis Wilhelm Homberg Germain Hess James Chadwick Amedeo Avogadro Joseph John Thomson Julius von Mayer	Facultés des sciences et de génie Musées de science et de technologie <u>Groupes environnementaux</u> <u>Commission géologique du Canada</u> <u>Agence de l'efficacité énergétique du Québec</u>	Moyens de transport Systèmes d'épuration des eaux Développement du réseau électrique	<u>Construction des complexes hydroélectriques</u> <u>Construction des parcs d'éoliennes</u>

Terre et espace

En plus de fournir l'occasion d'étudier les interactions qui surviennent dans la biosphère, les concepts associés aux sciences de la Terre et de l'espace retenus pour le programme optionnel permettent d'approfondir certains impacts de l'activité humaine sur les écosystèmes. À l'intérieur de certaines limites, divers cycles biogéochimiques, comme celui du phosphore, assurent la pérennité des écosystèmes. Ce pouvoir de régulation est cependant

perturbé par l'activité humaine. Certains modèles de développement socioéconomique et les moyens mis en œuvre pour les appliquer affectent plus que jamais certains biomes. La connaissance des divers systèmes terrestres permet de mieux comprendre l'équilibre de la géosphère. Les concepts retenus relativement à l'espace sont pour leur part abordés dans le cadre de la problématique de l'énergie.

Orientations	Concepts prescrits
Terre	
<p>Cycles biogéochimiques</p> <p>Un cycle biogéochimique correspond au processus naturel au cours duquel un élément chimique circule à l'état organique ou minéral dans la biosphère. Le cycle du carbone est régulé par l'interaction entre les plaques continentales, l'atmosphère, les océans et les organismes vivants. Par la photosynthèse, les végétaux fixent le carbone sous des formes non volatiles, mais ce sont les roches carbonatées, précipitées ou construites par les êtres vivants qui constituent le plus grand réservoir de CO₂. Bien que ce gaz soit libéré au cours d'éruptions volcaniques, les émissions anthropogéniques en modifient l'équilibre naturel. Certaines biotechnologies appliquées à l'environnement permettent d'accentuer le recyclage chimique du carbone.</p> <p>Bien qu'abondant, l'azote atmosphérique peut être assimilé par les végétaux uniquement par l'action de certaines bactéries. Le métabolisme des organismes vivants ou leurs cadavres produisent des déchets qui ramènent l'azote à l'état minéral et le cycle recommence. Des variations importantes du taux d'humidité, de la température ou du pH des sols affectent la régulation de ce cycle. Les végétaux constituent la seule source d'azote assimilable par les animaux, ce qui constitue une bonne raison de conserver la flore mondiale.</p> <p>Le phosphore est principalement présent dans les roches et les processus naturels d'érosion en permettent l'introduction dans les systèmes biologiques. Après la décomposition des déchets biologiques, il peut s'accumuler en grandes quantités dans les sols et les sédiments. L'activité humaine interagit avec chacun de ces cycles par le rejet de quantités excessives de matières organiques et minérales. Les cycles de l'azote et du phosphore sont affectés par l'épandage d'engrais et de fertilisants, mais également par les divers effluents domestiques et industriels contenant des détergents et des lessives phosphatés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Cycle du carbone – Cycle de l'azote – <u>Cycle du phosphore</u>
<p>Régions climatiques</p> <p>La répartition des biomes est fonction de la latitude géographique et d'autres facteurs tels que l'altitude, la température et le type de sol. Leur composition varie d'un biome à l'autre, car les conditions d'habitat influent sur la distribution des espèces végétales ou animales.</p> <p>Les biomes aquatiques sont à la base d'une imposante chaîne alimentaire; leur état de santé revêt donc une grande importance pour les humains. Dans un biome terrestre, les végétaux adaptés conditionnent les espèces animales qui y vivent. Tout déséquilibre causé par la destruction ou la contamination d'un habitat a des répercussions sur les écosystèmes et finalement sur un grand nombre d'activités humaines.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Facteurs influençant la distribution des biomes – Biomes aquatiques – Biomes terrestres

Orientations	Concepts prescrits
<p>Lithosphère</p> <p>Qu'il s'agisse de métaux, de minéraux industriels ou de matériaux de construction, la lithosphère renferme une grande variété de ressources minérales essentielles au développement des sociétés. L'exploitation et la transformation des minéraux ne sont cependant pas sans conséquences sur l'environnement. De plus, ces ressources sont présentes en quantités limitées, d'où l'intérêt croissant pour la revalorisation des matières résiduelles et pour le recyclage en général.</p> <p>Les pergélisols sont sensibles aux changements climatiques en raison de l'instabilité des masses de glace souterraines qu'ils contiennent. Leur réchauffement peut engendrer des glissements de terrain et causer des dommages aux infrastructures, en plus d'altérer le paysage et les écosystèmes <u>et de libérer du méthane.</u></p> <p>Les combustibles fossiles constituent des sources d'énergie épuisables, tout comme les minerais radioactifs exploités dans les centrales nucléaires. La recherche de nouvelles sources d'énergie et l'utilisation de ressources renouvelables constituent deux des préoccupations actuelles des sociétés.</p> <p>Les couches que l'on peut observer dans une coupe du sol, appelées <i>horizons</i>, diffèrent sur le plan de la structure et de la composition. L'étude du profil d'un sol permet de mieux comprendre la circulation des éléments chimiques dans ce sol et de prévoir son évolution. En effet, l'humidité, le pH et la teneur en minéraux sont des facteurs qui régissent l'activité biologique des sols, essentielle à la nutrition des êtres vivants.</p> <p><u>Certaines pratiques en agriculture ou en exploitation forestière réduisent la capacité des sols à favoriser la croissance d'une végétation saine. Des coupes abusives exposent davantage les sols aux facteurs d'érosion et appauvrissent la couche arable en minéraux et en micro-organismes indispensables au maintien du sol.</u></p> <p><u>La capacité tampon d'un sol exprime son potentiel à limiter les variations de pH et lui permet de différer dans le temps les conséquences d'une contamination. Sa mesure fournit un indice de la fertilité du sol.</u></p> <p><u>La contamination par les composés organiques persistants ou les métaux lourds est susceptible de modifier les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols et d'avoir des conséquences sur leur fertilité. La pollution des sols tient également compte des apports atmosphériques engendrés par les activités industrielles et agricoles. Par exemple, l'acidification graduelle des sols, subséquente aux précipitations acides, réduit progressivement leur capacité tampon et entraîne la mise en circulation de nutriments ou de métaux lourds.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Pergélisol – Ressources énergétiques – Horizons du sol (profil) – <u>Épuisement des sols</u> – <u>Capacité tampon du sol</u> – <u>Contamination</u>

Orientations	Concepts prescrits
<p>Hydrosphère</p> <p>Un bassin versant est un territoire délimité par les lignes de crête (géomorphologie) entourant un réseau de cours d'eau, dans lequel s'écoulent les eaux souterraines et de ruissellement. L'ensemble des activités humaines menées sur un bassin donné peut perturber les écosystèmes, par exemple la création d'un réservoir en amont du barrage d'une centrale hydroélectrique.</p> <p>Par leur capacité à absorber la chaleur, les océans jouent un rôle essentiel dans la régulation du climat en uniformisant la température globale de la planète. Deux types de courants marins sont interconnectés. Les courants de surface, générés par les vents, amènent une circulation horizontale à grande échelle. Les courants profonds, mis en mouvement par des différences de température ou de salinité, sont la cause d'une circulation verticale et en profondeur entre les différentes couches de l'océan. Ces courants verticaux sont très sensibles à des petites variations locales de température. L'élévation du niveau marin, due à la fonte accélérée des glaciers et des banquises, est par ailleurs préoccupante pour les populations côtières.</p> <p>Qu'il s'agisse des courants marins ou des marées, le déplacement des masses d'eau implique de grandes quantités d'énergie. Les centrales marémotrices, notamment, tirent profit de la force des marées pour produire de l'énergie électrique.</p> <p><u>Les lacs, les cours d'eau et les milieux humides sont des systèmes dynamiques qui abritent diverses espèces vivantes dont la croissance dépend de facteurs tels que la température, l'oxygénation et la composition chimique de l'eau. À l'intérieur de certaines limites, un écosystème est capable de transformer les matières organiques biodégradables qu'il reçoit pour maintenir un état d'équilibre. Un milieu aquatique devient pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable soit par l'apport en quantités importantes de substances toxiques, soit par l'élévation de la température des eaux. Lorsque les polluants s'accumulent, ils provoquent la raréfaction des espèces fragiles, altèrent leurs capacités physiologiques ou encore détériorent la qualité de l'eau au point de la rendre impropre à la consommation. D'autres agents polluants, comme les plastiques, les métaux et certains pesticides, ne sont pas biodégradables ou le sont très peu; ces substances nuisent aux espèces vivantes qui les ingèrent. Les effets des divers polluants sur les milieux aquatiques dépendent de la nature et de la concentration du polluant, ainsi que des caractéristiques de l'écosystème aquatique. Par exemple, une concentration excessive de phosphates ou de nitrates peut entraîner la prolifération des cyanobactéries. Dans certains cas, cela conduit à la libération de neurotoxines nuisibles aux êtres vivants.</u></p> <p><u>L'eutrophisation constitue une étape du processus naturel d'évolution d'un plan d'eau. Ce processus tend à s'accroître à la suite d'un apport excessif en nutriments, notamment des composés d'azote et de phosphore, qui accélère la croissance d'algues et d'autres formes de vie végétale. Cet accroissement de la biomasse, combiné à une température élevée des eaux, fait diminuer la quantité d'oxygène dissous et limite la capacité d'autoépuration du plan d'eau. Cette forme de dégradation des plans d'eau est liée aux activités humaines, en particulier aux activités agricoles, résidentielles et industrielles (effluents d'élevage, lessivage des terres agricoles, eaux usées, etc.).</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Circulation océanique – Salinité – Glacier et banquise – Ressources énergétiques – <u>Contamination</u> – <u>Eutrophisation</u>

Orientations	Concepts prescrits
<p>Atmosphère</p> <p>La Terre réfléchit vers l'espace une partie de la chaleur issue du rayonnement solaire. Certains gaz présents dans l'atmosphère absorbent cette chaleur et provoquent une élévation de la température: c'est l'effet de serre. Le dioxyde de carbone est actuellement le gaz à effet de serre le plus abondant. Sa proportion a augmenté au cours du dernier siècle en raison de l'exploitation des combustibles fossiles et de la fabrication du ciment. Le méthane et d'autres gaz contribuent aussi à l'augmentation de l'effet de serre. <u>De plus, les vents dominants favorisent la mise en circulation des contaminants introduits dans l'atmosphère. La contamination d'un biome situé à une grande distance du lieu d'émission des rejets peut donc survenir.</u></p> <p>Les différents types de masses d'air se distinguent notamment par leur température et leur taux d'humidité. Ces masses d'air se déplacent autour du globe au gré des vents, des mouvements de convection et de l'effet de la rotation de la Terre. Des systèmes de nuages naissent de la rencontre de masses d'air de caractéristiques différentes.</p> <p>Un cyclone est un système dépressionnaire. Même si toute dépression peut être appelée « cyclone », le terme fait souvent référence à certains types particuliers de systèmes (ouragans ou typhons) qui se forment au-dessus des mers tropicales et qui déversent d'abondantes précipitations, accompagnées de forts vents aux effets généralement dévastateurs. La circulation atmosphérique est engendrée par les variations de pression inhérentes aux zones cycloniques et anticycloniques.</p> <p>La force du vent offre aussi des avantages. Que ce soit pour se déplacer, effectuer un travail mécanique ou produire de l'énergie électrique, l'homme exploite l'énergie liée au vent au moyen de voiles et de pales dont les formes, les matériaux et les dimensions varient selon les besoins. L'énergie éolienne constitue une source d'énergie douce et abondante.</p> <p><u>Les différentes substances qui se dégagent de la combustion des carburants fossiles produisent des effets néfastes à l'échelle locale, régionale et mondiale. Les oxydes de soufre, de carbone et d'azote sont des gaz précurseurs d'acides; ils contribuent à l'acidification des précipitations. L'air peut également être contaminé par des particules solides et liquides en suspension (poussières, pollen, suie, fumée, gouttelettes, etc.) qui affectent les voies respiratoires.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • <u>Vents dominants</u> – Masse d'air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques – <u>Contamination</u>
Espace	
<p>Espace</p> <p>Le Soleil émet une quantité phénoménale d'énergie dans tous les domaines du spectre électromagnétique. Depuis longtemps, l'homme utilise la chaleur associée au rayonnement solaire pour répondre à ses besoins. Les capteurs photovoltaïques des panneaux solaires transforment l'énergie rayonnante en énergie électrique.</p> <p>L'influence gravitationnelle de la Lune sur les masses d'eau présentes à la surface de la Terre est en grande partie à l'origine du phénomène des marées. La force engendrée par les mouvements de l'eau est exploitée dans les centrales marémotrices. Ces dernières s'ajoutent à la liste des moyens dont l'homme dispose pour répondre à ses besoins énergétiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel)

Terre et espace (Suite)

Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
<u>Gro Harlem Brundtland</u>	Commission géologique du Canada Agence de l'efficacité énergétique du Québec Ressources naturelles Canada Consortium Ouranos Organisation Greenpeace <u>Groupes environnementaux</u> <u>Recyc-Québec</u> <u>Environnement Canada</u> <u>Sociétés de conservation</u> <u>Conseils régionaux de l'environnement</u>	Satellites d'observation Systèmes de positionnement global <u>Activités de dépollution</u> <u>Protection de l'environnement</u> <u>Systèmes d'épuration des eaux</u> <u>Développement durable</u>	Sommets de la Terre Protocole de Kyoto Phénomènes météorologiques <u>Catastrophes environnementales</u>

Univers technologique

Regroupant différents savoirs liés à l'utilisation, à la compréhension et à la réalisation d'objets et de systèmes techniques, les concepts généraux associés à l'univers technologique se rapportent au langage des lignes, à l'ingénierie, aux matériaux, à la fabrication et à la biotechnologie. Certains des aspects relatifs à la fabrication sont également présentés dans la section consacrée aux techniques. Les concepts à l'étude doivent être traités de manière exhaustive en raison de la diversité croissante des problèmes à résoudre et de leur degré de difficulté de plus en plus élevé. Afin de favoriser l'émergence d'une grande diversité de solutions à un problème de conception ou d'analyse, certaines dimensions ont été introduites. Il s'agit des liaisons mécaniques, des fonctions électriques incluant des composantes types et de l'étude de nouveaux matériaux comme les plastiques, les céramiques et les matériaux composites.

L'univers technologique est aussi abordé par l'intermédiaire des objets, des systèmes, des produits et des procédés. Ils sont tous rattachés aux diverses thématiques environnementales. Ils présentent également tous des liens avec des savoirs et des pratiques spécifiques et sont le reflet des possibilités et des contraintes scientifiques, techniques, sociales, environnementales, éthiques, etc. L'approfondissement de la connaissance des concepts technologiques de même que les réalisations retenues dans ces programmes devraient conduire à une démythification des objets, des machines et des systèmes en général, et plus particulièrement de ceux qui se rattachent à l'environnement.

Orientations	Concepts prescrits
<p><u>Langage des lignes</u></p> <p><u>La figuration des formes en vue éclatée permet de visualiser avec facilité chacune des pièces qui composent un objet. La théorie de la projection orthogonale permet le dessin de détail, le dessin d'ensemble et la représentation isométrique. Le dessin d'ensemble consiste en une représentation à leur position exacte des différentes pièces constituant un objet technique ou un système. Il permet, avant toute étape de fabrication, la validation de solutions technologiques (problèmes de montage, encombrement, interférences, etc.). C'est à partir du dessin d'ensemble que sont extraits les dessins de détail (définition) de chaque pièce. L'imperfection des machines, des instruments de mesure ou autres oblige à fixer des limites (tolérances) entre lesquelles une cote doit être réalisée. Cela permet, par exemple dans le cas d'un mécanisme, de remplacer des pièces défectueuses par des pièces neuves (interchangeabilité).</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – <u>Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)</u> – <u>Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)</u> – <u>Tolérances dimensionnelles</u>

Univers technologique (Suite)

Orientations	Concepts prescrits
<p>Ingénierie</p> <p>La conception ou l'analyse d'un objet technique ou d'un système repose sur l'acquisition de concepts fondamentaux liés à la mécanique et à l'électricité ainsi que sur des pratiques de conception et d'analyse propres à l'ingénierie.</p> <p>En mécanique, ces concepts font référence à l'adhérence entre les pièces, aux liaisons et aux mouvements indépendants encore possibles quand des pièces sont liées mécaniquement, aux fonctions mécaniques les plus typiques, de même qu'à la transmission et à la transformation du mouvement traitées de manière détaillée. Une étude formelle permet d'envisager des solutions à partir de modèles spécifiques de liaisons, de guidages et de mécanismes permettant un mouvement de rotation ou de translation.</p> <p>En électricité, les concepts prescrits sont liés aux diverses composantes et à leurs fonctions (alimentation, conduction, isolation, protection, commande, transformation). La maîtrise de ces concepts permet de choisir les bonnes composantes et de les agencer de manière appropriée.</p> <p>Dans la conception et l'analyse d'un objet ou d'un système, un tel bagage technique permet de déterminer ou de justifier l'utilisation de formes et de matériaux, de trouver ou d'expliquer des principes de fonctionnement et d'adopter ou de faire ressortir des solutions de construction.</p> <p>Nombreux sont les objets, les systèmes et les équipements liés à l'environnement qui comportent certains des éléments caractéristiques mentionnés ci-dessus. C'est le cas du pluviomètre, de la turbine, de la pompe, etc.</p> <p>Note : L'étude comme telle des principes de fonctionnement des diverses composantes électriques n'est pas exigée.</p>	<p>Mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques – <u>Adhérence et frottement entre les pièces</u> – <u>Degrés de liberté d'une pièce</u> – Fonction de guidage – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, <u>excentriques</u>, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection (<u>résistance et codification, circuit imprimé</u>) – Fonctions de commande types (<u>levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel</u>) – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme) – <u>Autres fonctions (condensateur, diode)</u>

Orientations	Concepts prescrits
<p>Matériaux</p> <p>Le fait qu’il est possible d’agir sur les propriétés des matériaux s’avère un important incitatif pour en faire l’exploration et l’exploitation. Le choix rationnel d’un matériau se fait en fonction de ses propriétés, de ses avantages et de ses limites. Cela implique d’en connaître les caractéristiques fonctionnelles et la structure afin de bien en comprendre le comportement quand il est utilisé.</p> <p><u>Les traitements thermiques, comme la trempe et le revenu, permettent d’améliorer les propriétés mécaniques des aciers. Par exemple, la trempe augmente non seulement la dureté, mais aussi la fragilité, et le revenu améliore la ténacité tout en diminuant la limite élastique. Par ailleurs, le recuit permet de restaurer les propriétés premières d’un matériau. Les trois éléments caractéristiques des traitements thermiques des métaux sont l’échauffement jusqu’au point critique, le maintien d’une température uniforme et le refroidissement plus ou moins rapide.</u></p> <p>Les concepts qui se rattachent aux matières plastiques, aux céramiques et aux matériaux composites renseignent sur leur composition et leurs propriétés de même que sur leur utilisation et leur classification.</p> <p>L’apparition des matières plastiques a été une véritable révolution. D’excellentes propriétés physiques et de nombreuses qualités, comme leur résistance, leur durabilité ou encore la possibilité de les usiner avec une très grande précision, expliquent leur emploi sans cesse croissant.</p> <p>Les céramiques englobent une gamme très vaste de matériaux. Leur utilisation touche des secteurs traditionnels comme la construction et les biens de consommation, mais aussi d’autres secteurs comme l’électrotechnique, la construction mécanique, etc.</p> <p>Chaque type de matériau composite possède ses propres propriétés et caractéristiques. Les propriétés mécaniques élevées de ces matériaux et leur faible masse volumique les rendent particulièrement attrayants. On les trouve dans plusieurs applications de la technologie moderne.</p> <p>Tous les matériaux se dégradent à une vitesse plus ou moins grande. Les réactions qui se produisent entre un matériau et son milieu sont de trois types : réactions chimiques (plastiques, céramiques), corrosion et oxydation (métaux). Parmi les moyens utilisés pour lutter contre cette dégradation, il faut citer la protection électrochimique et la protection par revêtement et traitement des surfaces.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Contraintes (flexion, cisaillement) – Caractérisation des propriétés mécaniques – <u>Traitements thermiques</u> – Types et propriétés <ul style="list-style-type: none"> • Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables) • Céramiques • Matériaux composites – Modification des propriétés (dégradation, protection)
<p>Fabrication</p> <p><u>Les concepts associés à la fabrication constituent des préalables importants. Ils servent de repères au moment d’exécuter une ou des techniques. Les machines et l’outillage donnent une idée juste de ce qu’est le façonnage.</u></p> <p><u>Le traçage se situe en amont de plusieurs opérations d’usinage puisqu’il permet la configuration des pièces; il importe donc d’en connaître les particularités les plus significatives. Le perçage ou le filetage correspondent à différentes formes de fabrication parmi les plus fréquentes. Matériaux, vitesses de rotation et angles de coupe de l’outil (foret) sont autant d’éléments caractéristiques rattachés au perçage. Le choix du profil des filets et de leur nombre au pouce (pas) permet entre autres de déterminer le diamètre de perçage avant taraudage.</u></p> <p><u>Les opérations relatives aux mesures des pièces nécessitent l’utilisation d’instruments comme le pied à coulisse et favorisent une plus grande précision d’exécution lors de l’usinage. En conséquence, les principes qui leur sont associés doivent être acquis.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – <u>Façonnage</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Machines et outillage</u> – <u>Fabrication</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage</u> – <u>Mesures</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Mesure directe (pied à coulisse)</u>

Univers technologique (Suite)

Orientations	Concepts prescrits
<p>Biotechnologie</p> <p>Le clonage désigne généralement le mode de reproduction permettant la copie identique soit d'un individu, soit d'un tissu cellulaire, d'une cellule ou même d'un gène. Les plantes se reproduisent par la voie sexuée par l'intermédiaire des graines, mais certaines d'entre elles utilisent aussi une autre voie, celle de la multiplication végétative. La particularité de ce type de reproduction est que les plantes filles qui en sont issues sont identiques génétiquement à la plante mère : c'est le clonage végétal ou « multiplication conforme ». Ce phénomène naturel est exploité depuis des siècles, entre autres par les horticulteurs. Les cultures végétales <i>in vitro</i> assurent ce type de reproduction et permettent de créer des lignées pures ou d'introduire une caractéristique recherchée, comme la résistance à un pesticide, l'élimination de virus, etc.</p> <p>Dans le domaine animal, plusieurs techniques de clonage sont utilisées et ses applications possibles sont multiples. En recherche fondamentale, le clonage aide à mieux comprendre le fonctionnement du génome de même que les processus de développement embryonnaire. En agronomie, clonage et transgénèse offrent de nombreuses perspectives (animaux performants, résistants à certaines maladies, etc.). Le clonage thérapeutique quant à lui conduit à des avancées dans le traitement des maladies dégénératives, à la greffe d'organes, etc. Au-delà de la prouesse technique et des applications multiples du clonage chez l'animal se pose la question du clonage humain et des nombreux aspects éthiques en jeu.</p> <p>La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. Tous ces traitements sont caractérisés par des opérations comme la filtration, la décantation, le lagunage, le recours à des cultures bactériennes, les installations à boues activées, etc. Ils visent à débarrasser les eaux usées des polluants solides les plus grossiers, à éliminer une forte proportion de matières minérales ou organiques en suspension de même qu'à faire disparaître les matières polluantes solubles, soit le carbone, l'azote et le phosphore. Dans certains cas, d'autres traitements sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible (ajout d'un réactif désinfectant, utilisation des ultraviolets, etc.).</p> <p>À la fois économiques et écologiques, les traitements biologiques de dépollution des sols sont en plein développement. Ils utilisent des végétaux ou des micro-organismes pour dégrader divers polluants. Certaines bactéries ont le pouvoir de dégrader des molécules complexes et d'en tirer l'énergie dont elles ont besoin pour vivre. La phytoremédiation est l'utilisation des plantes pour la dépollution des sols, l'épuration des eaux usées ou l'assainissement de l'air intérieur. On l'utilise pour éliminer biologiquement les métaux, les pesticides, les solvants, le pétrole et autres contaminants. Les principales caractéristiques d'un agent de dépollution efficace comprennent l'aptitude à transformer une large gamme de composés chimiques, une forte sensibilité aux polluants et une grande tolérance aux composés toxiques. Il y a lieu de retenir qu'aucun traitement ne permet de dépolluer complètement les sols contaminés par des années de rejets de toutes sortes.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Clonage- Traitement des eaux usées- Biodégradation des polluants

Repères culturels			
Histoire	Ressources du milieu	Inventions humaines	Événements
Alexandro Volta Léonard de Vinci Joseph Brown et Lucian Sharp Le Corbusier Alfred Nobel Rudolph Diesel Henry Ford Frederic Winslow Taylor	Office de la propriété intellectuelle du Canada Base de données sur les brevets canadiens Ordre des ingénieurs du Québec	Chaîne de production Interchangeabilité des pièces Ordinateur Domotique Robotique Télédétection Éclairage public Vêtements, <u>textiles</u> Réfrigération, <u>chauffage</u> <u>Stockage de l'énergie électrique</u> <u>Biocarburants</u> <u>Décontamination et réhabilitation des sols et des sites pollués</u> <u>Traitement des déchets dangereux</u>	Révolution industrielle Établissement de normes du travail Mondialisation <u>Consortium international sur le projet de séquençage du génome humain</u>

TABLEAU SYNTHÈSE DES CONCEPTS PRESCRITS

Univers vivant	Univers matériel	Terre et espace	Univers technologique
<p>Écologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Étude des populations (densité, cycles biologiques) – Dynamique des communautés <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité • Perturbations – Dynamique des écosystèmes <ul style="list-style-type: none"> • Relations trophiques • Productivité primaire • Flux de matière et d'énergie • Recyclage chimique – Empreinte écologique – <u>Écotoxicologie</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Contaminant</u> • <u>Bioconcentration</u> • <u>Bioaccumulation</u> • <u>Seuil de toxicité</u> <p>Génétique</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>Hérédité</u> – <u>Gène</u> – <u>Allèle</u> – <u>Caractère</u> – <u>Génotype et phénotype</u> – <u>Homozygote et hétérozygote</u> – <u>Dominance et récessivité</u> – <u>Synthèse des protéines</u> – <u>Croisement</u> 	<p>Propriétés physiques des solutions</p> <ul style="list-style-type: none"> – Concentration (ppm, mole/L) – Électrolytes – <u>Force des électrolytes</u> – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique <p>Transformations chimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Oxydation – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acidobasique – <u>Sels</u> – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse – <u>Stoechiométrie</u> – <u>Nature de la liaison</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Covalente</u> • <u>Ionique</u> – <u>Réactions endothermique et exothermique</u> <p>Organisation de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – <u>Modèle atomique simplifié</u> – <u>Neutron</u> – Règles de nomenclature et d'écriture – <u>Ions polyatomiques</u> – <u>Notion de mole</u> – <u>Nombre d'Avogadro</u> <p>Classification périodique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Familles et périodes du tableau périodique – <u>Masse atomique relative</u> – <u>Numéro atomique</u> – <u>Périodicité des propriétés</u> – <u>Isotopes</u> 	<p>Cycles biogéochimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cycle du carbone – Cycle de l'azote – <u>Cycle du phosphore</u> <p>Régions climatiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs influençant la distribution des biomes – Biomes aquatiques – Biomes terrestres <p>Lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Pergélisol – Ressources énergétiques – Horizons du sol (profil) – <u>Épuisement des sols</u> – <u>Capacité tampon du sol</u> – <u>Contamination</u> <p>Hydrosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Circulation océanique – Salinité – Glacier et banquise – Ressources énergétiques – <u>Contamination</u> – <u>Eutrophisation</u> <p>Atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • <u>Vents dominants</u> – Masse d'air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques – <u>Contamination</u> <p>Espace</p> <ul style="list-style-type: none"> – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel) 	<p>Langage des lignes</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)</u> – <u>Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)</u> – <u>Tolérances dimensionnelles</u> <p>Ingénierie mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques – <u>Adhérence et frottement entre les pièces</u> – <u>Degrés de liberté d'une pièce</u> – Fonction de guidage – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin) – Changements de vitesse – Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, <u>excentriques</u>, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère) <p>Ingénierie électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fonction d'alimentation – Fonction de conduction, d'isolation et de protection (<u>résistance et codification, circuit imprimé</u>) – Fonctions de commande types (<u>levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel</u>) – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme) – <u>Autres fonctions (condensateur, diode)</u>

Transformations nucléaires

- Stabilité nucléaire
- Radioactivité
- Fission et fusion

Électricité et électromagnétisme**Électricité**

- Charge électrique
- Électricité statique
- Loi d'Ohm
- Circuits électriques
- Lois de Kirchhoff
- Relation entre puissance et énergie électrique
- Champ électrique
- Loi de Coulomb

Électromagnétisme

- Forces d'attraction et de répulsion
- Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant
- Champ magnétique d'un solénoïde

Transformations de l'énergie mécanique

- Loi de la conservation de l'énergie
- Rendement énergétique
- Distinction entre chaleur et température
- Relation entre le travail, la force et le déplacement
- Relation entre la masse et le poids
- Force efficace
- Relation entre le travail et l'énergie
- Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
- Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
- Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

Biotechnologie

- Clonage
- Traitement des eaux usées
- Biodégradation des polluants

Démarches, stratégies, attitudes et techniques

Cette section porte sur les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées par les programmes. Bien qu'ils se distinguent des concepts, ces éléments contribuent tout autant au développement des compétences. Ils s'inscrivent en continuité avec les éléments de la première année du deuxième cycle.

Démarches

Quoique que distinctes des concepts, les démarches contribuent tout autant au développement des compétences et méritent une attention particulière. Elles ne doivent pas être mises en œuvre isolément, mais dans des situations d'apprentissage et d'évaluation qui font appel à plusieurs d'entre elles. L'utilisation cohérente de ces démarches et leur articulation constituent une manifestation de compétence.

Sept démarches sont présentées ici : les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale, empirique, de construction d'opinion ainsi que les démarches technologiques de conception et d'analyse.

Démarche de modélisation

La démarche de modélisation consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule mathématique, équation chimique, programme informatique ou maquette. Au fur et à mesure que progresse la démarche, le modèle se raffine et se complexifie. Il peut être valide pendant un certain temps et dans un contexte spécifique, mais, dans plusieurs cas, il est appelé à être modifié ou rejeté. Il importe également de considérer le contexte dans lequel il a été construit. Il doit posséder certaines caractéristiques, entre autres celles de faciliter la compréhension de la réalité, d'expliquer certaines propriétés de ce qu'il vise à représenter et de prédire de nouveaux phénomènes observables.

Démarche d'observation

La démarche d'observation est un processus actif qui permet d'interpréter des faits selon des critères déterminés par l'observateur ainsi que par ce qui fait consensus dans un cadre disciplinaire donné. À la lumière des informations recueillies, les élèves doivent en arriver à une nouvelle compréhension des faits qui reste toutefois tributaire du contexte dans lequel s'effectue l'observation. Par sa manière d'interpréter et d'organiser les informations, l'observateur fait une relecture du monde physique en tenant compte de ses présupposés et des schémas conceptuels qui font partie intégrante de la grille qu'il applique aux faits observés. Ainsi, toute observation repose déjà sur l'établissement d'un modèle théorique provenant de celui qui observe.

Démarche expérimentale

La démarche expérimentale implique tout d'abord la formulation de premières explications. Elle permet d'amorcer une tentative de réponse et de définir le cadre dans lequel se fera l'expérimentation. L'expérimentateur doit ensuite s'engager dans l'élaboration d'un protocole expérimental dans lequel il reconnaîtra un certain nombre de variables en vue de les manipuler. Le but du protocole sera de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses. Les interactions entre les diverses phases de la démarche expérimentale permettent de soulever de nouveaux questionnements, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de prendre en compte les limites de l'expérimentation.

Démarche empirique

La démarche empirique est une recherche de terrain sans manipulation de variables. Cette absence de manipulation n'enlève rien à sa validité méthodologique; un sondage, par exemple, est une démarche empirique qui n'a rien d'aléatoire. Les modèles intuitifs sont bien souvent à l'origine de cette démarche. Elle peut se révéler adéquate dans certaines situations puisqu'elle permet d'explorer et de se représenter les éléments d'un problème. Souvent, elle génère plusieurs idées et permet d'émettre des hypothèses et de concevoir des théories provisoires. Elle permet également de mettre au point des techniques et d'explorer des avenues possibles pour d'autres recherches.

Démarche de construction d'opinion

Lorsqu'ils sont appelés à construire leur opinion et à bâtir une argumentation relative à une problématique scientifique ou technologique, les élèves doivent d'abord prendre conscience de la façon dont leurs connaissances, leurs croyances et leurs valeurs peuvent influencer leur jugement. Il importe qu'ils réalisent aussi comment l'acquisition et l'utilisation de connaissances (disciplinaires, épistémologiques et contextuelles) et d'habiletés générales peuvent contribuer à la construction d'une opinion éclairée. Comme d'autres démarches, celle-ci fait appel à l'interprétation des informations, à leur mise en relation, à la reconnaissance des idées préconçues et des présupposés, à des modes de raisonnement analogique et à la prise en compte de faits apparemment contradictoires. Elle favorise la construction d'une argumentation solide et la justification d'une conclusion. Elle permet enfin de découvrir que la recherche de plusieurs sources d'information est déterminante, que la contradiction entre plusieurs sources d'information est fréquente et mérite d'être interprétée, et que le choix d'une solution peut dépendre de plusieurs facteurs.

Démarche technologique de conception

La démarche de conception suppose d'abord la détermination d'un besoin. L'étude du problème technologique qui s'ensuit doit tenir compte des diverses conditions et contraintes à respecter (cahier des charges). S'amorce alors le travail véritable de conception : recherche de solutions au regard du fonctionnement et de la construction, précision des formes, des matériaux et dessin des pièces.

La fabrication du prototype, les essais et la validation complètent l'exercice. C'est par un examen approfondi du prototype qu'il a conçu et sa mise à l'essai que l'élève peut évaluer la solution qu'il préconise et vérifier si elle est conforme aux exigences du cahier des charges. La démarche de conception, qui fait appel à la logique, à la rigueur, à l'abstraction et à l'exécution, devrait lui permettre de passer du raisonnement à la pratique. Des retours réflexifs, en cours et en fin de processus, devraient lui fournir l'occasion d'analyser son cheminement, de valider ses choix et de proposer, le cas échéant, des améliorations à la solution retenue.

Démarche technologique d'analyse

L'analyse d'un objet technique ou d'un système technologique implique la reconnaissance de sa fonction globale, de façon à cerner le besoin auquel il répond. L'examen des diverses composantes d'un objet ou d'un système s'avère également nécessaire pour déterminer leurs fonctions respectives. L'un ou l'autre pourra éventuellement être démonté pour mieux comprendre les principes mis en cause dans son fonctionnement et sa construction. Cette forme d'analyse permet de réaliser comment l'objet ou le système constitue l'assemblage concret et tangible des diverses solutions retenues pour répondre à un besoin.

STRATÉGIES

Certaines stratégies, mobilisées et utilisées dans le contexte spécifique de la science et de la technologie, soutiennent le développement des trois compétences de la discipline.

STRATÉGIES D'EXPLORATION	STRATÉGIES D'ANALYSE
<ul style="list-style-type: none">– Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques, technologiques et contextuelles éventuellement utiles pour cerner un problème ou prévoir des tendances– Évoquer des problèmes similaires déjà résolus– Généraliser à partir de plusieurs cas particuliers structurellement semblables– Anticiper les résultats d'une démarche– Élaborer divers scénarios possibles– Explorer diverses pistes de solution– Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques ou technologiques	<ul style="list-style-type: none">– Déterminer les contraintes et les éléments importants pour la résolution d'un problème– Diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples– Faire appel à divers modes de raisonnement (ex. inférer, induire, déduire, comparer, classifier, sérier) pour traiter les informations– Reasonner par analogie pour traiter des informations et adapter ses connaissances scientifiques et technologiques– Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se situer au regard d'une problématique scientifique ou technologique

ATTITUDES

L'adoption de diverses attitudes facilite l'engagement des élèves dans les démarches utilisées et leur responsabilisation par rapport à eux-mêmes et à la société. Les attitudes constituent ainsi un facteur important dans le développement des compétences.

ATTITUDES INTELLECTUELLES	ATTITUDES COMPORTEMENTALES
<ul style="list-style-type: none"> - Curiosité - Sens de l'initiative - Goût du risque intellectuel - Intérêt pour la confrontation des idées - Considération de solutions originales - Rigueur intellectuelle - Objectivité - Sens du travail méthodique - <u>Souci de précision dans la mesure</u> - Souci d'une langue juste et précise 	<ul style="list-style-type: none"> - Discipline personnelle - Autonomie - <u>Souci d'efficacité</u> - <u>Souci d'efficience</u> - Persévérance - Sens du travail soigné - Sens des responsabilités - Sens de l'effort - Coopération efficace - Souci de la santé et de la sécurité - Respect de la vie et de l'environnement - Écoute - Respect de soi et des autres - Esprit d'équipe - Solidarité internationale à l'égard des grands problèmes de l'heure

TECHNIQUES

Souvent incontournables, les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en pratique de connaissances théoriques. Les techniques énumérées ci-dessous revêtent un caractère prescrit, au même titre que les concepts prescrits.

TECHNOLOGIE		SCIENCE
Langage graphique	Fabrication	Manipulations
<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilisation d'échelles – Représentation graphique à l'aide d'instruments (projection orthogonale à vues multiples, isométrie, perspective) – Schématisation 	<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilisation sécuritaire des machines et des outils (scie à ruban, perceuse, ponceuse, marteau, tournevis, pinces, etc.) – Mesurage et traçage – Usinage (sciage, perçage, limage, dénudage et épissures, soudure à l'étain ou au plomb, etc.) – Finition – Vérification et contrôle – Montage et démontage – Fabrication d'une pièce 	<p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire – Utilisation d'instruments d'observation – Préparation de solutions – Collecte d'échantillons
TECHNIQUES COMMUNES À LA SCIENCE ET À LA TECHNOLOGIE		
<p>Techniques de mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure</u> – <u>Utilisation des instruments de mesure</u> 		<ul style="list-style-type: none"> – <u>Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, erreurs liées aux mesures)</u>

La présente section décrit les problématiques environnementales proposées dans ces programmes. Elles constituent des enjeux sociaux dont les aspects scientifiques et technologiques se prêtent bien au développement des trois compétences disciplinaires et à l'appropriation des concepts. Comme ces problématiques ne sont pas prescrites, l'enseignant peut en choisir d'autres pour mobiliser les mêmes concepts. La description de chacune d'elles est suivie d'une représentation schématique des réseaux de concepts pouvant leur être associés.

Changements climatiques

La problématique environnementale des changements climatiques constitue un des défis majeurs pour l'avenir de l'humanité. Les changements climatiques se manifestent notamment par une élévation de la température moyenne de la Terre. Plusieurs théories tentent d'en expliquer les causes, mais l'amplification de l'effet de serre est pour l'instant la plus acceptée dans la communauté scientifique.

L'effet de serre est d'abord un phénomène naturel. La lumière du Soleil passe à travers l'atmosphère terrestre, réchauffe la surface du globe qui émet en retour de la chaleur vers l'espace. Ce rayonnement infrarouge est en partie absorbé par certains gaz et la vapeur d'eau présents dans l'atmosphère, ce qui le retient au voisinage de la Terre. En l'absence de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane et oxyde nitreux), la plus grande partie de la chaleur pénétrant dans l'atmosphère terrestre serait rapidement retournée dans l'espace, et la température moyenne de la Terre serait de -18 °C au lieu de 15 °C.

La concentration des gaz à effet de serre a varié au cours de l'histoire de la Terre. Toutefois, il semble que la quantité de dioxyde de carbone et de méthane n'aurait jamais été aussi élevée depuis 420 000 ans et celle d'oxyde nitreux, depuis au moins un millénaire. Les concentrations de ces gaz ont augmenté rapidement depuis le début de l'industrialisation, caractérisée par une hausse de la demande en énergie, par une certaine croissance démographique et par des changements dans l'utilisation du territoire. En brûlant d'énormes quantités de combustibles fossiles (charbon, pétrole et

gaz naturel) qui génèrent une importante quantité de CO₂ et en poursuivant la déforestation qui réduit les processus naturels de transformation du CO₂, on accentue l'effet de serre naturel et on observe une hausse de la température moyenne à la surface du globe.

Ce réchauffement planétaire, vraisemblablement lié à une augmentation de l'effet de serre, cause des changements dans l'ensemble des paramètres du climat puisqu'il déclenche des modifications de la circulation atmosphérique et océanique. Les conséquences anticipées ou déjà observables des changements climatiques sont multiples. Mentionnons, à titre d'exemples, la modification du régime des précipitations, l'augmentation de la prévalence de certains phénomènes météorologiques extrêmes et le dégel du pergélisol. On anticipe également une accélération de la fonte des glaciers et des banquises qui provoquerait l'augmentation du niveau des océans. Cette hausse de niveau entraînerait des inondations et favoriserait l'érosion des côtes, ce qui impliquerait le déplacement de certaines populations ou un aménagement différent du territoire. Ces changements environnementaux ont inévitablement une grande influence sur les activités socioéconomiques de toutes les sociétés. La foresterie, les pêches, la gestion de l'eau, le tourisme, la production et la consommation d'énergie sont particulièrement touchés.

Au Québec, les changements climatiques pourraient se manifester, entre autres, par une diminution de la qualité de l'eau, ce qui est susceptible d'influer sur la santé humaine et sur l'équilibre des écosystèmes, ainsi que par des fluctuations du niveau des Grands Lacs et du débit du fleuve Saint-Laurent. Ces fluctuations auraient des conséquences diverses dans l'industrie du transport sur la Voie maritime du Saint-Laurent. Elles provoqueraient aussi des perturbations dans divers écosystèmes, comme la perte d'habitats ou la détérioration des conditions de vie de certaines espèces de poissons. La variation des quantités de précipitations influencerait certainement la productivité agricole et la biodiversité au Québec. De plus, l'érosion des côtes et l'alternance accrue des périodes de gel et de dégel auraient des impacts sur le réseau de transport routier. Enfin, la fonte du pergélisol pourrait rendre instables les sols du Grand Nord, entraînant des conséquences pour les populations vivant sur ces territoires.

Univers vivant

Écologie

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique
- Écotoxicologie
 - Contaminant

Univers technologique

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue élatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesse
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
- Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)
- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Terre et espace

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote

Régions climatiques

- Facteurs influençant la distribution des biomes
- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

Lithosphère

- Pergélisol

Hydrosphère

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Salinité
- Glacier et banquise

Atmosphère

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique
- Masse d'air
- Cyclone et anticyclone
- Contamination

Espace

- Flux d'énergie émis par le Soleil

Univers matériel

Transformations chimiques

- Combustion
- Photosynthèse et respiration
- Balancement d'équations chimiques
- Stœchiométrie
- Réactions endothermique et exothermique

Organisation de la matière

- Modèle atomique de Rutherford-Bohr
- Modèle atomique simplifié
- Notation de Lewis
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Ions polyatomiques
- Notion de mole
- Nombre d'Avogadro

Classification périodique

- Familles et périodes du tableau périodique
- Masse atomique relative
- Numéro atomique
- Périodicité des propriétés

Transformations de l'énergie mécanique

- Distinction entre chaleur et température
- Relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température
- Relation entre le travail, la force et le déplacement
- Relation entre le travail et l'énergie
- Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
- Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse

Eau potable

L'eau est une substance de base et une ressource naturelle très précieuse, dont les usages domestiques, agricoles, industriels, urbains et dans le domaine des loisirs sont considérables. En raison de son importance vitale, l'Organisation des Nations unies a décrété que l'accès à l'eau potable est un droit humain fondamental.

Même si notre planète est parfois surnommée la planète bleue parce que l'eau y est très répandue, une très faible proportion de cette eau est facilement accessible aux humains. L'eau salée est impropre à la consommation, voire toxique, si elle est consommée avec excès. Ne reste alors que l'eau naturellement douce, en beaucoup plus faible quantité, inégalement distribuée à la surface de la Terre et souvent difficile d'accès, qu'elle soit emprisonnée dans les glaciers continentaux ou dans les nappes phréatiques.

L'eau douce est une ressource rare et sa rareté est d'autant plus préoccupante qu'elle est combinée aux problématiques de pollution et de gaspillage. Un léger déséquilibre dans ses caractéristiques suffit à la rendre impropre à la consommation. La présence d'une carcasse d'animal en décomposition, la faible variation de son pH ou la contamination par quelques parties par million de métaux lourds peuvent la rendre nocive. De nos jours, malgré les lois et règlements en vigueur, plusieurs sources d'eau douce sont mondialement polluées par différents rejets chimiques toxiques qui souvent provoquent une prolifération de micro-organismes néfastes pour la santé.

Combiné à la contamination, le gaspillage de l'eau douce constitue un autre enjeu important dans la problématique de l'eau potable. En effet, un Nord-Américain consomme en moyenne quelques centaines de milliers de litres d'eau par an, dont plus de la moitié est gaspillée, alors qu'un être humain n'a vraiment besoin que d'une dizaine de milliers de litres d'eau par an pour vivre.

Le Québec comporte un réseau hydrographique important qui est considéré comme une réserve mondiale en eau potable. Une politique gouvernementale vise à protéger et à mettre en valeur ce patrimoine hydrique.

Univers vivant

Écologie

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique
- Écotoxicologie
 - Contaminant
 - Bioconcentration
 - Bioaccumulation
 - Seuil de toxicité

Univers technologique

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesse
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
- Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)
- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

Biotechnologie

- Traitement des eaux usées
- Biodégradation des polluants

EAU POTABLE

Terre et espace

Régions climatiques

- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

Hydrosphère

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Salinité
- Glacier et banquise
- Contamination
- Eutrophisation

Atmosphère

- Circulation atmosphérique
 - Vents dominants
- Contamination

Univers matériel

Propriétés physiques des solutions

- Concentration (ppm, mole/L)
- Électrolytes
- Force des électrolytes
- Échelle pH
- Dissociation électrolytique
- Ions
- Conductibilité électrique

Transformations chimiques

- Réaction de neutralisation acidobasique
- Balancement d'équations chimiques
- Stoechiométrie
- Nature de la liaison
 - Covalente
 - Ionique

Organisation de la matière

- Modèle atomique de Rutherford-Bohr
- Modèle atomique simplifié
- Notation de Lewis
- Familles et périodes du tableau périodique
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Ions polyatomiques
- Notion de mole
- Nombre d'Avogadro

La déforestation

Les forêts sont des trésors naturels de la Terre. Elles font partie du paysage planétaire depuis des milliers d'années et contribuent aux processus écologiques et climatiques dont la biodiversité et la vie humaine dépendent.

Sur tous les continents, de grandes superficies forestières ont été déboisées au fil des siècles pour répondre aux besoins alimentaires des communautés et pour leur expansion urbaine comme les développements de quartiers résidentiels et industriels. La réduction des surfaces couvertes de forêt et le remplacement permanent de celle-ci pour un autre usage est ce qu'on appelle « déforestation ».

D'autre part, de grandes superficies forestières conservent leur vocation originelle malgré des transformations temporaires qu'apportent la récolte forestière ou les perturbations naturelles.

Au fil des ans, le couvert forestier mondial subit diverses perturbations naturelles, comme les feux, les insectes défoliateurs et le verglas. De tels événements font partie intégrante de la dynamique de régénération des forêts et contribue, avec la récolte forestière, à rajeunir la forêt et à assurer sa viabilité.

La déforestation observée dans certains pays d'Amérique du Sud, d'Asie ou d'Afrique a des conséquences considérables sur l'environnement et sur les sociétés. Elle a d'abord des effets négatifs sur la biodiversité, puisque les forêts abritent la majorité des plantes et des animaux de la planète. Elle a également un impact majeur sur les changements climatiques, car les arbres en pleine croissance fixent le carbone en eux et libèrent l'oxygène. Les arbres transformés en matériaux conservent en eux ce carbone (puits de carbone) et les arbres qui meurent et se décomposent ou brûlent vont plutôt le libérer (carbone neutre).

Par ailleurs, les forêts règlent le débit des cours d'eau en absorbant l'excès des eaux de pluie, qui est graduellement libéré par la suite. Enfin, elles réduisent la force des vents qui dessèchent et érodent les sols, ce qui a pour conséquence, outre une perte de fertilité, l'aggravation des dégâts causés par les catastrophes naturelles. Dans certains milieux, la déforestation constitue, pour cette raison, un premier pas vers la désertification.

La déforestation touche directement des centaines de millions de personnes dans le monde qui vivent en forêt ou à l'orée de celles-ci. Les forêts permettent à ces populations de satisfaire leurs besoins primaires en leur fournissant de la nourriture et du bois pour la construction et le chauffage.

Au Québec, la forêt est une ressource importante. Divers moyens sont mis en place pour la protéger. Son aménagement forestier durable et la création d'aires protégées permettent de tenir compte des autres ressources de la forêt comme la faune, l'eau et les paysages.

Univers vivant

Écologie

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique
- Empreinte écologique

Génétique

- Hérédité
- Gène
- Allèle
- Caractère
- Génotype et phénotype
- Homozygote et hétérozygote
- Dominance et récessivité
- Synthèse des protéines
- Croisement

Univers technologique

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesse
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
- Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)
- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

Biotechnologie

- Traitement des eaux usées
- Biodégradation des polluants

DÉFORESTATION

Terre et espace

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote
- Cycle du phosphore

Régions climatiques

- Facteurs influençant la distribution des biomes
- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

Lithosphère

- Minéraux
- Ressources énergétiques
- Épuisement des sols
- Capacité tampon du sol
- Contamination

Hydrosphère

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Contamination
- Eutrophisation

Atmosphère

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique

Espace

- Flux d'énergie émis par le Soleil

Univers matériel

Transformations chimiques

- Combustion
- Oxydation
- Photosynthèse et respiration
- Balancement d'équations chimiques

Organisation de la matière

- Modèle atomique de Rutherford-Bohr
- Notation de Lewis

Classification périodique

- Familles et périodes du tableau périodique

Transformations de l'énergie mécanique

- Distinction entre chaleur et température
- Loi de la conservation de l'énergie

Énergie

La maîtrise de l'énergie a été un facteur important dans le développement de l'humanité. Elle a permis à l'homme d'étendre son emprise sur la Terre entière et de partir à la découverte de l'espace. L'histoire des siècles passés se caractérise notamment par la façon dont il a relevé divers défis énergétiques.

À la problématique du défi énergétique présentée à la deuxième année du programme de science et technologie s'ajoute, dans le programme optionnel, la problématique de l'énergie proprement dite. Elle est abordée principalement sous l'angle des transformations. L'énergie est présente dans l'environnement sous diverses formes dont l'exploitation implique des transformations qui ne sont pas sans conséquences sur les écosystèmes.

Alors que la transformation de certaines ressources énergétiques entraîne la production de rejets difficiles à gérer, d'autres sources d'énergie moins polluantes génèrent de faibles rendements énergétiques. L'étude de la production, de la distribution et de l'utilisation de l'énergie permet donc d'orienter les choix individuels ou collectifs au regard des formes d'énergie à privilégier.

Au Québec, cette problématique est notamment alimentée par les enjeux locaux et régionaux liés au développement de l'hydroélectricité, au déploiement de parcs éoliens, à la poursuite ou non de la filière nucléaire et au développement de sources d'énergie nouvelles telles que l'énergie de la biomasse, l'énergie solaire, géothermique, marémotrice, etc.

Univers vivant

Écologie

- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique

Univers technologique

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesse
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
 - Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)
- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

ÉNERGIE

Terre et espace

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote

Régions climatiques

- Facteurs influençant la distribution des biomes
- Biomes aquatiques
- Biomes terrestres

Lithosphère

- Minéraux
- Ressources énergétiques

Hydrosphère

- Bassin versant
- Circulation océanique
- Ressources énergétiques

Atmosphère

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique
 - Vents dominants
- Masse d'air
- Cyclone et anticyclone
- Ressources énergétiques

Espace

- Flux d'énergie émis par le Soleil
- Système Terre-Lune (effet gravitationnel)

Univers matériel

Organisation de la matière

- Notation de Lewis
- Neutron
- Modèle atomique simplifié
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Notion de mole
- Ions polyatomiques
- Nombre d'Avogadro

Classification périodique

- Familles et périodes du tableau périodique
- Masse atomique relative
- Numéro atomique
- Périodicité des propriétés
- Isotopes

Transformations chimiques

- Combustion
- Réactions endothermique et exothermique

Transformations de l'énergie mécanique

- Loi de la conservation de l'énergie
- Rendement énergétique
- Distinction entre chaleur et température
- Relation entre le travail, la force et le déplacement
- Force efficace
- Relation entre le travail et l'énergie
- Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
- Relation entre la masse et le poids
- Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
- Relation entre l'énergie thermique, la masse, la capacité thermique massique et la température

Transformations nucléaires

- Stabilité nucléaire
- Radioactivité
- Fission et fusion

Électricité et électromagnétisme

Électricité

- Charge électrique
- Électricité statique
- Loi d'Ohm
- Lois de Kirchhoff
- Circuits électriques
- Relation entre la puissance et l'énergie électrique
- Champ électrique
- Loi de Coulomb

Électromagnétisme

- Forces d'attraction et de répulsion
- Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant
- Champ magnétique d'un solénoïde

Matières résiduelles

Dans les différentes sociétés du monde, plusieurs choses ont une valeur marchande qui s'estime ou se négocie. Les sociétés les mieux nanties consomment beaucoup. Et plus elles consomment, plus elles produisent de rejets dans l'environnement. La production de rejets par habitant est même directement proportionnelle au niveau de développement économique des pays.

Trop souvent, de vastes quantités de rejets sont gérées de façon inadéquate, dans des décharges dépourvues de mesures de sécurité à l'égard de l'environnement. Ces pratiques compromettent la santé publique et menacent l'équilibre des écosystèmes. Ainsi, les rejets dans l'environnement sont à l'origine de diverses problématiques comme le smog, l'effet de serre, les pluies acides, la contamination des sols, la bioaccumulation de contaminants, la contamination des sources d'eau potable, etc.

Les matières résiduelles ne constituent pas nécessairement des déchets dont il faut se débarrasser, mais plutôt des rejets à gérer de manière efficace. Les considérer sous cet angle conduit à une prise de conscience de la nécessité de transformer les pratiques et les habitudes actuelles dans ce domaine. Plutôt que de jeter ou de polluer, diverses solutions de rechange s'offrent à nous : réduire, réparer, recycler, réutiliser, récupérer, valoriser, éduquer (concept des « RVE »). Ces solutions sont toutes orientées vers des changements de comportements et l'utilisation de technologies appropriées.

Au Québec, plusieurs politiques ont été mises en place pour gérer les matières résiduelles. Parmi elles, la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles a notamment pour objectif de valoriser plus de 65 % des rejets produits collectivement. Pour ce faire, toutes les municipalités du Québec ont dû se doter d'un plan de gestion des matières résiduelles de manière à atteindre cet objectif.

Univers vivant

Écologie

- Écotoxicologie
 - Contaminant
 - Bioconcentration
 - Bioaccumulation
 - Seuil de toxicité
- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique

Univers technologique

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesses
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
- Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)

- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

Biotechnologie

- Traitement des eaux usées
- Biodégradation des polluants

MATIÈRES RÉSIDUELLES

Terre et espace

Lithosphère

- Capacité tampon du milieu
- Épuisement des sols
- Contamination

Hydrosphère

- Contamination
- Eutrophisation

Atmosphère

- Effet de serre
- Circulation atmosphérique
 - Vents dominants
- Contamination

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote
- Cycle du phosphore

Univers matériel

Propriétés physiques des solutions

- Concentration (ppm, mole/L)
- Électrolytes
- Dissociation électrolytique
- Force des électrolytes
- Échelle pH

Transformations chimiques

- Combustion
- Oxydation
- Réaction de neutralisation acidobasique
- Photosynthèse et respiration
- Balancement d'équations chimiques
- Loi de la conservation de la masse
- Sels
- Stoechiométrie
- Nature de la liaison
 - Covalente
 - Ionique
- Réactions endothermique et exothermique

Transformations nucléaires

- Stabilité nucléaire
- Radioactivité
- Fission et fusion

Organisation de la matière

- Neutron
- Modèle atomique simplifié
- Notation de Lewis
- Règles de nomenclature et d'écriture
- Notion de mole
- Ions polyatomiques
- Nombre d'Avogadro

Classification périodique

- Familles et périodes du tableau périodique
- Masse atomique relative
- Numéro atomique
- Périodicité des propriétés
- Isotopes

Production alimentaire

Comptant plus de six milliards d'individus, la planète subit les conséquences des choix alimentaires des uns et des autres. Le repas de chacun de ces individus est lié à la terre, mais aussi à des millions de personnes qui ont cultivé, récolté, transformé, emballé, distribué et transporté les aliments. Si on devait nourrir la planète selon les habitudes alimentaires nord-américaines, il faudrait y consacrer la grande majorité de la consommation mondiale d'énergie.

L'image traditionnelle de l'agriculteur vivant au rythme de la nature et vendant sa production au marché n'est plus conforme à la réalité occidentale. De nos jours, c'est de plus en plus la production industrielle qui régit le monde agricole. Pour faire des économies d'échelle, on recourt à des machines spécialisées qui consomment plus d'énergie qu'auparavant. Malgré des pratiques agricoles alternatives en émergence (par exemple, l'agriculture biologique), les mécanismes de la production alimentaire mondiale tendent à se concentrer entre les mains des grandes entreprises internationales, ce qui a souvent pour conséquence d'uniformiser l'alimentation et de conditionner les habitudes des consommateurs. Notamment orientées par des impératifs de rentabilité, les pratiques agricoles industrielles se traduisent souvent par la diminution de la diversité des cultures. Vu la complexité des réseaux de distribution, la production de masse oblige à l'utilisation d'agents de conservation pour éviter la détérioration des produits pendant leur transport.

La quantité d'énergie requise par les processus de production et de distribution industrielle des aliments menace la santé environnementale. En effet, la valeur énergétique des aliments est souvent moindre que la quantité des ressources énergétiques nécessaire pour les produire et les distribuer. Par exemple, dans le cas de la plupart des cultures végétales, il faut dépenser beaucoup plus de kilojoules en pétrole que le rendement énergétique obtenu en valeur alimentaire.

L'alimentation qui caractérise les sociétés occidentales est diversifiée et répond à des critères esthétiques qui ne sont pas sans conséquences sur la santé environnementale. Pour obtenir des aliments d'une apparence parfaite, il faut les préserver des attaques externes et en assurer la conservation pendant leur

transport et leur entreposage. En les transportant des lieux de production à nos tables, il faut déployer toute une série de moyens technologiques qui sont souvent énergivores et polluants. De plus, la prolifération d'emballages et l'utilisation de produits raffinés, colorés ou enrichis occasionnent des rejets qui sont souvent très dommageables pour la biosphère.

À cette problématique de la production alimentaire s'ajoutent les enjeux liés aux avancées récentes du génie génétique. Les semences génétiquement modifiées offrent de nouveaux moyens d'augmenter la rentabilité des productions. Ces biotechnologies permettent d'agir sur des caractères ciblés et d'élargir l'éventail des combinaisons génétiques entre les espèces. Il est donc possible de créer un soja tolérant à l'herbicide, un maïs résistant aux insectes ou des tomates résistantes aux virus. La production d'organismes génétiquement modifiés permet d'envisager la possibilité de résoudre divers problèmes d'approvisionnement chez des populations vivant dans des écosystèmes pauvres en ressources alimentaires. Mais elle suscite aussi l'appât du gain à l'égard des marchés lucratifs découlant du contrôle des droits des brevets pour de nouvelles semences, ce qui n'est pas sans soulever la controverse.

Les choix quotidiens et individuels de consommation pourraient avoir un impact considérable sur le bilan énergétique et environnemental lié aux aliments consommés. Inspiré du principe des « RVE », appliqué à la problématique des matières résiduelles, le principe des « NJ », associé à l'achat d'aliments nus (sans emballage), naturels (non transformés), non loin (provenant du marché local) ou justes (qui n'encouragent pas l'exploitation de la main-d'œuvre)¹⁵, constitue une piste de solution orientée vers le changement des comportements individuels de consommation.

Au Québec, la problématique de la production alimentaire est une préoccupation bien actuelle. Elle touche notamment la gestion du territoire, alors que l'étendue déjà très limitée des terres arables tend à diminuer et que divers changements, aux conséquences parfois inquiétantes, s'opèrent dans les techniques agricoles modernes. Néanmoins, certaines tendances récentes, comme l'importance grandissante du commerce d'aliments biologiques et équitables ou l'introduction de mesures visant la promotion d'une saine alimentation à l'école, constituent quelques-unes des solutions concrètes à cette problématique.

15. Laure WARIDEL, *L'envers de l'assiette : Quelques idées pour la remettre à l'endroit*, Montréal, Écosociété et Environnement Jeunesse, 2003, 172 p.

Univers matériel

Transformations chimiques

- Photosynthèse et respiration

Transformations de l'énergie mécanique

- Loi de la conservation de l'énergie
- Rendement énergétique
- Relation entre le travail et l'énergie

Univers technologique

Ingénierie mécanique

- Caractéristiques des liaisons des pièces mécaniques
- Adhérence et frottement entre les pièces
- Degrés de liberté d'une pièce
- Fonction de guidage
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transmission du mouvement (roues de friction, poulies et courroie, engrenage, roues dentées et chaîne, roue et vis sans fin)
- Changements de vitesse
- Construction et particularités du mouvement des systèmes de transformation du mouvement (vis et écrou, cames, excentriques, bielles, manivelles, coulisses et systèmes bielle et manivelle, pignon et crémaillère)

Ingénierie électrique

- Fonction d'alimentation
- Fonction de conduction, d'isolation et de protection (résistance et codification, circuit imprimé)
- Fonctions de commande types (levier, poussoir, bascule, unipolaire, bipolaire, unidirectionnel, bidirectionnel)
- Fonction de transformation de l'énergie (électricité et lumière, chaleur, vibration, magnétisme)
- Autres fonctions (condensateur, diode)

Matériaux

- Contraintes (flexion, cisaillement)
- Caractérisation des propriétés mécaniques
- Traitements thermiques
- Types et propriétés
 - Matières plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables)
 - Céramiques
 - Matériaux composites
- Modifications des propriétés (dégradation, protection)

Langage des lignes

- Projection axonométrique : vue éclatée (lecture)
- Projection orthogonale à vues multiples (dessin d'ensemble)
- Tolérances dimensionnelles

Fabrication

- Façonnage
 - Machines et outillage
- Fabrication
 - Caractéristiques du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage
- Mesures
 - Mesure directe (pied à coulisse)

Biotechnologie

- Clonage

PRODUCTION ALIMENTAIRE

Terre et espace

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone
- Cycle de l'azote
- Cycle du phosphore

Lithosphère

- Minéraux
- Épuisement des sols
- Contamination

Hydrosphère

- Contamination
- Eutrophisation

Atmosphère

- Contamination

Univers vivant

Écologie

- Étude des populations (densité, cycles biologiques)
- Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
- Dynamique des écosystèmes
 - Relations trophiques
 - Productivité primaire
 - Flux de matière et d'énergie
 - Recyclage chimique
- Empreinte écologique
- Écotoxicologie
 - Contaminant
 - Bioconcentration
 - Bioaccumulation
 - Seuil de toxicité

Génétique

- Hérédité
- Gène
- Croisement
- Allèle
- Caractère
- Génotype et phénotype
- Homozygote et hétérozygote
- Dominance et récessivité
- Synthèse des protéines

ANNEXE B – EXEMPLES D’APPLICATIONS LIÉES AUX PROBLÉMATIQUES ENVIRONNEMENTALES

Tout comme pour les problématiques environnementales, les exemples d’objets, de systèmes, de produits et de procédés présentés ci-dessous ne sont pas des éléments prescrits du programme. Ils peuvent servir à contextualiser les situations d’apprentissage et d’évaluation.

Exemples d’objets, de systèmes, de produits et de procédés liés aux changements climatiques

Cartes et photographies aériennes

Pluviomètre, thermomètre, baromètre, anémomètre, hygromètre

Sondes

Radar, sonar

Satellites de communication

Équipement de collecte et de traitement des déchets (verre, plastique, pneus, etc.)

Système antipollution des gaz d’échappement d’un véhicule motorisé (convertisseur catalytique)

Exemples d’objets, de systèmes, de produits et de procédés liés à l’eau potable

Usine de traitement de l’eau potable

Usine de traitement de l’eau salée

Station de traitement des eaux usées

Alimentation en eau : réseau de circulation et de distribution

Puits artésien, moulin hydraulique

Château d’eau, bassin

Camion-citerne

Appareils hydrauliques

Pompe, vanne

Arrosoir

Compteur (consommation d’eau)

Équipements et procédés d’embouteillage

Contenants : bonbonne, bouteille, canette, etc.

Systèmes d’irrigation des sols

Aqueduc

Écluse, digue

Exemples d’objets, de systèmes, de produits et de procédés liés à la déforestation

Barrage

Route, autoroute

Pont, tunnel

Signalisation routière

Éclairage public

Machinerie forestière

Scierie

Exemples d'objets, de systèmes, de produits et de procédés liés à l'énergie

Production

Centrale nucléaire, centrale thermique, centrale hydraulique
Éolienne, hydrolienne
Panneau photovoltaïque
Usine marémotrice, système maréthermique
Procédé géothermique
Pile à combustible
Batteries et accumulateurs
Génératrice, alternateur

Moteurs, machines, etc.

Moteur électrique
Moteur à combustion interne, machine à vapeur, turbine
Système de cogénération
Pétrole : puits, plateforme, procédés de raffinage

Utilisation (applications)

Appareils de radiographie, d'imagerie par résonance magnétique, d'électrothérapie, de radiothérapie, etc.
Prothèses électriques
Appareils de télécommunication (satellite, télévision, téléphone cellulaire, etc.)
Ordinateurs, systèmes informatiques
Automates programmables
Aéronef, navire, véhicule
Machines-outils
Fours
Procédés de protection des surfaces
Appareils domestiques (aspirateur, fer à repasser, coussin chauffant, séchoir à cheveux, four à micro-ondes, grille-pain, réfrigérateur, lave-vaisselle, laveuse, sécheuse, etc.)
Appareils d'éclairage, appareils électroniques
Systèmes de chauffage et de climatisation
Ascenseurs
Domotique (portes automatiques, système d'alarme et de signalisation, système de sécurité incendie, etc.)

Exemples d'objets, de systèmes, de produits et de procédés liés aux matières résiduelles

Air

Analyseurs de certains polluants : tube à diffusion passive, microbalance à quartz, sonde à rayons bêta
Procédé de mesure par photométrie UV, procédé de mesure par corrélation infrarouge
Chromatographe
Gravimètre, baromètre, hygromètre, anémomètre
Appareils de ventilation (renouvellement de l'air intérieur)
Humidificateur, déshumidificateur
Procédés d'obtention des biocarburants (oléagineux, éthyliques, gazeux, solides)
Filtre à particules, système antipollution des gaz d'échappement d'un véhicule motorisé
Véhicules électriques, véhicules hybrides

Eau

Système d'évacuation des eaux usées
Station de traitement des eaux usées, procédés d'épuration des eaux usées (par lagunage ou filtration naturelle par des micro-organismes)
Usine de traitement de l'eau potable, procédés de purification des eaux potables (par filtration, ébullition, distillation, photo-oxydation, etc.)

Pluviomètre

Cartes du réseau de collecteurs de précipitations

Canal, écluse, barrage, digue, aqueduc

Moulin à eau, château d'eau

Pompe, canons d'arrosage, arroseurs automoteurs, robinet, adoucisseur d'eau, compteur d'eau

Moyens de lutte contre la pollution par les hydrocarbures : télédétection par radar mobile (des nappes d'hydrocarbures flottant à la surface de l'eau), système de pompage, système de nettoyage à haute pression, barrages absorbants, récupérateur à brosse circulaire, récupérateur à brosses oléophiles, rouleaux oléophiles mécaniques (plage), cribleuse tractée (sable), ratisseuse (terrain)

Sols

Dépollution physico-chimique (dissolution des polluants) : procédé d'extraction par aspiration, procédé d'extraction par injection, procédé de traitement des polluants par flottaison, etc.

Dépollution biologique : procédés utilisant des bactéries

Phytorestauration : procédé de bioremédiation par les plantes

Exemples d'objets, de systèmes, de produits et de procédés liés à la production alimentaire

Alimentation

Machines agricoles : charrue, machine à bêcher, moissonneuse-batteuse, faucheuse, pulvérisateur, machine à traire, semoir, broyeur, chargeur hydraulique, etc.

Système de drainage, système d'irrigation

Engrais

Pesticides : insecticides, herbicides, fongicides, etc.

Antibiotiques

Organismes génétiquement modifiés (OGM)

Procédés de transformation des aliments, procédés de conservation des aliments

Additifs alimentaires : amidons, sucres et édulcorants, colorants, substances pour la conservation, produits aromatisants, etc.

Enzymes alimentaires

Sauces industrielles

Aliments biologiques

Emballages alimentaires

Matériaux d'emballage : papier et carton, plastique, métal, verre, bois

Formes d'emballage : sacs, sachets, bouteilles, flacons, boîtes, pots, etc.

Types d'emballage : emballage sous vide, emballage sous atmosphère modifiée, emballage actif, etc.

Déchets

Matériel et installations de recyclage

Procédés thermiques de dégradation des déchets, procédés biologiques de dégradation des déchets

Procédés de régénération des plastiques, procédés de recyclage (verre, papier, etc.)

ANNEXE C – EXEMPLES DE SITUATIONS D’APPRENTISSAGE ET D’ÉVALUATION

Une centrale pour l’île Beaumont

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement des compétences 2 et 3, *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques* et *Communiquer à l’aide des langages utilisés en science et en technologie*, par l’analyse technologique des principes de fonctionnement de trois centrales électriques distinctes et par la présentation d’une étude sur les impacts environnementaux associés à ces modes de production d’énergie.

2. Clientèle visée

Élèves inscrits au programme de science et technologie (deuxième année du deuxième cycle du secondaire).

3. Domaine général de formation touché et axes de développement

Environnement et consommation

- Connaissance de l’environnement (par l’étude d’impacts environnementaux)
- Consommation et utilisation responsable de biens et de services (par l’analyse technologique des centrales électriques)
- Conscience des aspects sociaux, économiques et éthiques du monde de la consommation (par l’étude des besoins énergétiques de la population)
- Construction d’un environnement sain dans une perspective de développement durable (par l’étude d’impacts environnementaux)

4. Description de la tâche

Amorce

Le conseil municipal de l’île Beaumont doit remplacer sa centrale électrique (centrale thermique au charbon) devenue désuète et jugée trop polluante. La population s’est déjà prononcée contre l’implantation de centrales qui utiliseraient l’énergie nucléaire, en raison des risques potentiels pour la santé

et l’environnement. L’île Beaumont, accessible seulement par bateau, est reconnue pour sa production maraîchère et fruitière.

Trois firmes d’ingénieurs sont invitées à présenter des projets de centrales. L’une de ces firmes propose la construction d’un parc d’éoliennes, une autre préconise une centrale exploitant l’énergie de la biomasse et la troisième suggère d’adapter la centrale existante pour exploiter le gaz naturel.

Proposition d’activités

Sous la forme d’un jeu de rôle, les élèves sont invités à faire connaître les principes de fonctionnement et les impacts associés à ces différents projets dans le cadre d’un appel d’offres public. Au préalable, chaque firme d’ingénieurs doit produire un document d’information – dépliant ou rapport écrit – qui explique de façon simplifiée le principe de fonctionnement du type de centrale qu’elle propose. Lors de la présentation, trois équipes présentent le point de vue de chacune des firmes d’ingénieurs. Une autre équipe représente le conseil municipal dont le rôle est de questionner les firmes d’ingénieurs dans le but de choisir une centrale adaptée au contexte de l’île.

Pour bien jouer leur rôle, les élèves doivent comparer des impacts environnementaux associés à chacun des modes de production. L’enseignant peut fournir certaines ressources (médiatiques, informatiques, etc.) relatives aux différents types de centrales.

5. Productions attendues

- Document d’information (ex. dépliant, affiche ou rapport écrit)
- Présentation orale sous forme de jeu de rôle

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 2 – *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques*

- Situer une problématique scientifique ou technologique dans son contexte
 - Considération des divers aspects de problématiques environnementales lors des études d'impacts
- Comprendre des principes scientifiques liés à la problématique
 - Utilisation des concepts de conservation de l'énergie, d'efficacité énergétique et de réaction chimique
- Comprendre des principes technologiques liés à la problématique
 - Utilisation des concepts de fonctionnement des systèmes, de contraintes et d'innovations
- Construire son opinion sur la problématique à l'étude
 - Considération des différents aspects et des arguments présentés

Compétence 3 – *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*

- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique et technologique
 - Mise en commun de l'information en vue de la production du document d'information
- Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique
 - Lecture et analyse de la documentation
- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique
 - Production du document d'information et présentation orale

7. Compétences transversales

Exploiter l'information; Coopérer; Communiquer de façon appropriée; Exercer son jugement critique

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Univers matériel	Terre et espace
<ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Formes d'énergie – Rendement énergétique – Loi de la conservation de l'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> – Cycle du carbone – Ressources énergétiques – Biomes aquatiques – Biomes terrestres – Effet de serre – Circulation atmosphérique
Univers vivant	Univers technologique
<ul style="list-style-type: none"> – Étude des populations – Dynamique des communautés – Dynamique des écosystèmes 	<ul style="list-style-type: none"> – Fonction de transformation de l'énergie (électricité et magnétisme) – Systèmes de transmission du mouvement – Projections orthogonales – Standards et représentations (schémas)

Démarches

- Démarche technologique d'analyse (principe de fonctionnement des centrales)
- Démarche de construction d'opinion (considération de points de vue différents, choix des critères, structuration de l'interprétation des ressources documentaires)

9. Durée approximative

- Huit périodes de 75 minutes (excluant la recherche documentaire)

10. Pistes d'évaluation

- Évaluation du document d'information (enseignant)
- Évaluation conjointe de la présentation orale (élèves, enseignant)
- Grille d'autoévaluation des apprentissages (une par élève)

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

Histoire de pêche

1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement des compétences 1 et 3, *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique* et *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*, par l'élaboration d'un plan de remédiation pour diminuer l'acidité d'un lac.

2. Clientèle visée

Élèves inscrits au programme de science et technologie de l'environnement.

3. Domaine général de formation touché et axes de développement

Environnement et consommation

- Connaissance de l'environnement (par l'étude d'impacts environnementaux)
- Construction d'un environnement sain dans une perspective de développement durable (par la résolution d'un problème environnemental)

4. Description de la tâche

Amorce

Votre oncle possède deux pourvoiries. La première est située en Abitibi, sur la rive du lac Long, à une vingtaine de kilomètres d'une usine de transformation minière. La seconde s'étend aux abords du lac Court, en Montérégie, à une cinquantaine de kilomètres de Montréal.

Votre oncle remarque que, depuis 1988, les poissons se font de plus en plus rares en Abitibi. Il fait alors appel à vos connaissances en sciences de l'environnement pour déterminer le problème du lac Long et le résoudre afin de rétablir les populations de poissons qui faisaient sa renommée.

Le tableau ci-contre présente quelques caractéristiques de ces deux lacs :

Caractéristiques	Lac Long	Lac Court
Région	Abitibi	Montérégie
Volume d'eau	1,24 x 108 m ³	1,21 x 108 m ³
Précipitations annuelles	914 mm	975 mm
Aménagement des berges	Naturel (aucun)	Naturel (aucun)
Nombre de pêcheurs par an	970	1360
pH de l'eau en 1988	6,5	6,6
pH de l'eau en 2008	5,5	6,5

On vous demande :

- d'agir à titre de spécialiste en vue de déterminer expérimentalement l'un des facteurs qui explique cette situation;
- d'utiliser vos résultats expérimentaux pour proposer, à court terme, un plan de décontamination du lac Long.

Cette solution doit minimiser les impacts négatifs possibles sur la faune et la flore du lac.

Proposition d'activités

Dans un premier temps, les élèves doivent déterminer expérimentalement l'un des facteurs qui permet aux lacs de conserver une acidité normale. Pour ce faire, ils cernent leurs variables, élaborent un protocole et le réalisent.

Dans un deuxième temps, ils s'appuient sur leurs résultats pour élaborer, qualitativement et quantitativement, un plan qui vise à neutraliser l'acidité du lac ciblé. Ils transposent le traitement choisi à l'échelle du lac et évaluent globalement (théoriquement) la toxicité de la solution retenue.

Quelques capsules d'enseignement peuvent être nécessaires pour aider les élèves à mieux comprendre et intégrer les concepts mobilisés.

De plus, une étude comparative de la solution ponctuelle retenue et des solutions envisageables à long terme peut être réalisée et même suivie d'une prise de position. Cette proposition vise le développement de la compétence *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques*.

5. Productions attendues

- Un rapport de laboratoire partiel (manipulations, résultats et interprétation des résultats)
- Un rapport de laboratoire complet, un bilan sommaire de toxicité et un plan de remédiation

6. Compétences disciplinaires ciblées

Compétence 1 – *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*

- Cerner un problème
 - Utilisation ou mise en relation des concepts; formulation d'hypothèses
- Élaborer un plan d'action
 - Sélection et contrôle des variables choisies; choix de la démarche, des produits et des outils nécessaires
- Concrétiser le plan d'action
 - Étude expérimentale de l'effet d'une solution acide sur les types de sols; vérification et mesure de l'effet d'une base choisie sur une solution acide
- Analyser les résultats
 - Traitement des données; passage de l'échelle expérimentale à l'échelle concrète; évaluation de la faisabilité de la solution proposée

Compétence 3 – *Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*

- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique et technologique
 - Échanges afin de proposer des plans d'action; mise en commun de l'information en vue de la production des différents rapports

- Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique
 - Lecture et analyse de la documentation
- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique et technologique
 - Production des rapports de laboratoire, du bilan de toxicité ainsi que du plan de remédiation

7. Compétences transversales

Exercer son jugement critique; Exploiter l'information; Communiquer de façon appropriée; Coopérer

8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)*

Concepts prescrits

Univers matériel	Terre et espace
<ul style="list-style-type: none"> – Concentration (mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Réaction de neutralisation acidobasique – Sels – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Ionique – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole 	<ul style="list-style-type: none"> – Biomes aquatiques – Capacité tampon du sol – Contamination (hydrosphère) – Circulation atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> • Vents dominants
	Univers vivant
	<ul style="list-style-type: none"> – Dynamique des communautés <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité • Perturbations – Écotoxicologie <ul style="list-style-type: none"> • Contaminant

Démarche

- Démarche expérimentale (sélection et contrôle des variables choisies)

* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

9. Durée approximative

- Huit périodes de 75 minutes (excluant la recherche documentaire)

10. Pistes d'évaluation

- Évaluation du rapport partiel (enseignant)
- Évaluation du rapport complet (enseignant)
- Grille d'autoévaluation des apprentissages (une par élève)

ANNEXE D – RÉPARTITION DES CONCEPTS PRESCRITS DU PREMIER ET DU DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE

Parcours de formation générale UNIVERS MATÉRIEL

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
<p>Propriétés</p> <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité et basicité 	<p>Propriétés de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Propriétés caractéristiques physiques <ul style="list-style-type: none"> • Point de fusion • Point d'ébullition • Masse volumique • Solubilité – Propriétés caractéristiques chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Réaction à des indicateurs – Propriétés des solutions <ul style="list-style-type: none"> • Concentration (% , g/L) • Soluté • Solvant 	<p>Propriétés physiques des solutions</p> <ul style="list-style-type: none"> – Concentration (ppm) – Électrolytes – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique 	<p>Propriétés physiques des solutions</p> <ul style="list-style-type: none"> – Concentration (ppm, mole/L) – Force des électrolytes
<p>Transformations</p> <ul style="list-style-type: none"> – Changement physique – Changement chimique – Conservation de la matière – Mélanges – Solutions – Séparation des mélanges 	<p>Transformations de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> – Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> • Dissolution • Dilution • Changement de phase – Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> • Décomposition et synthèse • Oxydation • Précipitation – Formes d'énergie (chimique, thermique, mécanique, rayonnante) – Modèle particulaire 	<p>Transformations chimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Combustion – Photosynthèse et respiration – Réaction de neutralisation acido-basique – Balancement d'équations chimiques – Loi de la conservation de la masse 	<p>Transformations chimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Formation des sels – Stœchiométrie – Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> • Covalente • Ionique – Réactions endothermique et exothermique
			<p>Transformations nucléaires</p> <ul style="list-style-type: none"> – Stabilité nucléaire – Radioactivité – Fission et fusion

UNIVERS MATÉRIEL (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
Organisation – Atome – Élément – Tableau périodique – Molécule	Organisation de la matière – Substance pure (composé, élément) – Mélanges homogènes et hétérogènes		Organisation de la matière – Modèle atomique de Rutherford-Bohr – Notation de Lewis – Familles et périodes du tableau périodique
			Organisation de la matière – Neutron – Modèle atomique simplifié – Règles de nomenclature et d'écriture – Ions polyatomiques – Notion de mole – Nombre d'Avogadro
			Classification périodique – Masse atomique relative – Numéro atomique – Périodicité des propriétés – Isotopes
	Fluides – Fluide compressible et incompressible – Pression – Relation entre pression et volume	Électricité et électromagnétisme Électricité – Charge électrique – Électricité statique – Loi d'Ohm – Circuits électriques – Relation entre la puissance et l'énergie électrique Électromagnétisme – Forces d'attraction et de répulsion – Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique	Électricité et électromagnétisme Électricité – Lois de Kirchhoff – Champ électrique – Loi de Coulomb Électromagnétisme – Champ magnétique d'un solénoïde
		Transformations de l'énergie – Loi de la conservation de l'énergie – Rendement énergétique – Distinction entre la chaleur et la température	Transformations de l'énergie – Capacité thermique massique – Relation entre le travail, la force et le déplacement – Force efficace – Relation entre le travail et l'énergie – Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement – Masse et poids – Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse

UNIVERS MATÉRIEL (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
	<p>Ondes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fréquence – Longueur d'onde – Amplitude – Échelle des décibels – Spectre électromagnétique – Déviation des ondes lumineuses – Foyer d'une lentille 		

UNIVERS VIVANT

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
<p>Diversité de la vie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Habitat – Niche écologique – Espèce – Population – Adaptations physiques et comportementales – Évolution – Taxonomie – Gènes et chromosomes 	<p>Division cellulaire</p> <ul style="list-style-type: none"> – ADN – Mitose – Fonctions de la division cellulaire (reproduction, croissance, régénération) – Méiose et cycle de développement sexué (méiose-fécondation) – Diversité génétique 		<p>Écologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Étude des populations (densité, cycles biologiques) – Dynamique des communautés <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversité • Perturbations – Dynamique des écosystèmes <ul style="list-style-type: none"> • Relations trophiques • Productivité primaire • Flux de matière et d'énergie • Recyclage chimique
<p>Perpétuation des espèces</p> <ul style="list-style-type: none"> – Reproduction asexuée ou sexuée – Modes de reproduction chez les végétaux – Modes de reproduction chez les animaux – Organes reproducteurs – Gamètes – Fécondation – Grossesse – Stades du développement humain – Contraception – Moyens empêchant la fixation du zygote dans l'utérus – Maladies transmises sexuellement 	<p>Tissus, organes et systèmes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tissus – Organes – Systèmes 		<p>Génétique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Héritéité – Gène – Allèle – Caractère – Génotype et phénotype – Homozygote et hétérozygote – Dominance et récessivité – Synthèse des protéines – Croisement
<p>Maintien de la vie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Caractéristiques du vivant – Cellules végétales et animales – Photosynthèse et respiration – Constituants cellulaires visibles au microscope – Intrants et extrants (énergie, nutriments, déchets) – Osmose et diffusion 	<p style="text-align: center;">SYSTÈMES FONCTION DE NUTRITION</p> <p>Système digestif</p> <ul style="list-style-type: none"> – Types d'aliments (eau, protides, glucides, lipides, vitamines, minéraux) – Valeur énergétique des aliments – Tube digestif (bouche, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus) – Transformations des aliments (mécaniques, chimiques) – Glandes digestives (glandes salivaires, glandes gastriques, pancréas, foie, glandes intestinales) 		

UNIVERS VIVANT (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
	<p>Systèmes circulatoire et respiratoire</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système respiratoire (fosses nasales, pharynx, trachée, bronches et poumons) – Fonctions des constituants du sang (plasma et éléments figurés) – Compatibilité des groupes sanguins – Système circulatoire (voies de circulation et types de vaisseaux) – Système lymphatique (lymphe, anticorps) <p>Système excréteur</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système urinaire (reins, uretère, vessie, urètre) – Composants de l'urine (eau, sels minéraux, urée) – Maintien de l'équilibre sanguin (reins, poumons et glandes sudoripares) 		
	<p style="text-align: center;">FONCTION DE RELATION</p> <p>Système nerveux et musculosquelettique</p> <ul style="list-style-type: none"> – Système nerveux central (encéphale, moelle épinière) – Système nerveux périphérique (nerfs) <ul style="list-style-type: none"> • Neurone (synapse, axone, dendrites) • Influx nerveux (acte volontaire, arc réflexe) – Récepteurs sensoriels (œil, oreille, peau, langue, nez) <p>Système musculosquelettique (os, articulations, muscles)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fonction des os, articulations et muscles • Types de muscles • Types de mouvement articulaire 		
	<p style="text-align: center;">FONCTION DE REPRODUCTION</p> <p>Système reproducteur</p> <ul style="list-style-type: none"> – Puberté (fille et garçon) – Régulation hormonale chez l'homme <ul style="list-style-type: none"> • Spermatogenèse • Érection • Éjaculation – Régulation hormonale chez la femme <ul style="list-style-type: none"> • Ovogenèse • Cycle ovarien • Cycle menstruel 		

TERRE ET ESPACE

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
<p>Caractéristiques générales de la Terre</p> <ul style="list-style-type: none"> – Structure interne de la Terre – Lithosphère – Hydrosphère – Atmosphère – Types de roches (minéraux de base) – Couches de l'atmosphère – Eau (répartition) – Air (composition) – Types de sols – Relief 	<p>Science de la Terre</p> <ul style="list-style-type: none"> – Échelle de temps géologiques – Grands épisodes de l'histoire du vivant – Extinctions d'espèces – Fossiles – Couches stratigraphiques 		<p>Science de la Terre</p> <p>Cycles biogéochimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cycle du carbone – Cycle de l'azote
	<p>Régions climatiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Facteurs influençant la distribution des biomes – Biomes aquatiques – Biomes terrestres 		
<p>Phénomènes géologiques et géophysiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Plaque tectonique – Volcan – Tremblement de terre – Orogenèse – Érosion – Manifestations naturelles de l'énergie – Vents – Cycle de l'eau – Ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables 	<p>Lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Minéraux – Horizons du sol (profil) – Pergélisol – Ressources énergétiques 		<p>Lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Épuisement des sols – <u>Capacité tampon du sol</u> – <u>Contamination</u>
	<p>Hydrosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bassin versant – Circulation océanique – Glacier et banquise – Salinité – Ressources énergétiques 		<p>Hydrosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>Contamination</u> – <u>Eutrophisation</u>
	<p>Atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – Effet de serre – Circulation atmosphérique – Masse d'air – Cyclone et anticyclone – Ressources énergétiques 		<p>Atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>Circulation atmosphérique</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Vents dominants</u> – <u>Contamination</u> – <u>Ozone</u>

TERRE ET ESPACE (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
<p>Phénomènes astronomiques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Gravitation universelle (étude qualitative) – Système solaire – Lumière (propriétés) – Cycle du jour et de la nuit – Phases de la Lune – Éclipses – Saisons – Comètes – Aurores boréales – Impacts météoritiques 	<p>Sciences de l'espace</p> <ul style="list-style-type: none"> – Échelle de l'univers <ul style="list-style-type: none"> • Unité astronomique • Année-lumière • Situation de la Terre dans l'univers – Conditions favorables au développement de la vie 	<p>Espace</p> <ul style="list-style-type: none"> – Flux d'énergie émis par le Soleil – Système Terre-Lune (effet gravitationnel) 	

UNIVERS TECHNOLOGIQUE (SUITE)

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)
1 ^{re} et 2 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire	4 ^e secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement
			<p>Fabrication</p> <ul style="list-style-type: none"> – Façonnage <ul style="list-style-type: none"> • Machines et outillage – Fabrication <ul style="list-style-type: none"> • Caractéristique du traçage, du perçage, du taraudage et du filetage – Mesure et contrôle <ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe (pied à coulisse)
	<p>Biotechnologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Procédés <ul style="list-style-type: none"> • Pasteurisation • Fabrication du vaccin • Procréation médicalement assistée • Culture cellulaire • Transformation génétique (OGM) 		<p>Biotechnologie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Clonage – Traitement des eaux usées – Biodégradation des polluants

Bibliographie

Culture scientifique et technologique

BARMA, Sylvie et Louise GUILBERT. « Différentes visions de la culture scientifique et technologique : Défis et contraintes pour les enseignants », dans HASNI, Abdelkrim, Yves LENOIR et Joël LEBEAUME (dir.). *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2006, 278 p.

CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. *La culture scientifique et technique au Québec : Un bilan, rapport de conjoncture*, Québec, gouvernement du Québec, 2002, 215 p.

HASNI, Abdelkrim. *La culture scientifique et technologique à l'école : De quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer?*, communication présentée au 70^e Congrès de l'ACFAS, Québec, Université Laval, 2002, 25 p.

THOUIN, Marcel. *Notions de culture scientifique et technologique : Concepts de base, percées historiques et conceptions fréquentes*, Québec, MultiMondes, 2001, 480 p.

Didactique de la science

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for All Americans, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 272 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 420 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Atlas of Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 165 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Designs for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 300 p.

ASTOLFI, Jean-Pierre et autres. *Pratiques de formation en didactique des sciences*, Bruxelles, De Boeck, 1997, 498 p.

CANADA, CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION. *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature*, Toronto, gouvernement du Canada, 1997, 261 p.

DE SERRES, Margot et autres. *Intervenir sur les langages en mathématiques et en sciences*, Montréal, Modulo, 2003, 390 p.

FOUREZ, Gérard. *Alphabétisation scientifique et technique : Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, Bruxelles, De Boeck Université, 1994, 219 p.

GIORDAN, André. *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Paris, Belin, 1999, 239 p.

GUILBERT, Louise. « La pensée critique en science : Présentation d'un modèle iconique en vue d'une définition opérationnelle », *The Journal of Educational Thought*, vol. 24, n° 3, décembre 1990, p. 195-218.

Didactique de la technologie

INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION. *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology*, Reston, ITEA, 2000, 248 p.

LEBEAUME, Joël. *L'éducation technologique : Histoires et méthodes*, Paris, ESF, 2000, 121 p.

NORMAN, Eddie et autres. *Advanced Design and Technology*, London, Longman Group Limited, 3^e éd., 2000, 872 p.

Éducation relative à l'environnement

BARLOW, Maude et Tony CLARKE. *L'or bleu : L'eau, nouvel enjeu stratégique et commercial*, Paris, Hachette pluriel, 2007, 394 p.

HADE, André. *Nos lacs : Les connaître pour mieux les protéger*, Montréal, Fides, 2003, 360 p.

SAUVÉ, Lucie. *Pour une éducation relative à l'environnement : Éléments de design pédagogique, guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs*, Montréal, Guérin, 1997, 361 p.

SAUVÉ, Lucie. *Éducation et environnement à l'école secondaire : Modèles d'intervention en éducation relative à l'environnement*, Montréal, Logiques, 2001, 311 p.

VILLENEUVE, Claude et Suzanne LAMBERT. *La biosphère dans notre assiette*, Montréal, Environnement Jeunesse, 1989, 201 p.

VILLENEUVE, Claude et François RICHARD. *Vivre les changements climatiques : réagir pour l'avenir*, Montréal, Multimondes, 2007, 400 p.

WARIDEL, Laure. *Acheter, c'est voter*, Montréal, Écosociété, 2005, 176 p.

WARIDEL, Laure. *L'envers de l'assiette et quelques idées pour la remettre à l'endroit*, Montréal, Écosociété et Environnement Jeunesse, 2003, 172 p.