

Résultat d'apprentissage général C

Habilités et attitudes scientifiques et technologiques

Démontrer des habiletés et des attitudes appropriées lorsqu'elle ou il entreprend une étude scientifique, s'engage dans la résolution de problèmes technologiques ou dans le processus de prise de décisions;

Survol

Le résultat d'apprentissage général C (RAG C) se présente en *trois* volets complémentaires :

- étude scientifique
- processus de design (résolution de problèmes technologiques)
- enjeux et prise de décisions en sciences, technologie, société et environnement (STSE)

Une culture scientifique qui découle d'une formation scientifique doit amener l'élève à répondre à des questions, à résoudre des problèmes et à prendre des décisions. Pour les fins du présent document, on réfère à ces processus comme étant *l'étude scientifique*, le *processus de design (ou résolution de problèmes technologiques)* et la *prise de décisions* (voir la fig. 3). Bien que les habiletés et les attitudes comprises dans ces processus ne soient pas l'apanage exclusif des sciences, elles jouent un rôle important dans l'évolution d'une compréhension des sciences et dans l'application des sciences et de la technologie à des situations nouvelles.

Résultats d'apprentissage spécifiques

RAS C1 : démontrer des habiletés, des attitudes et des méthodes de travail appropriées lorsqu'elle ou il entreprend une étude scientifique;

RAS C2 : démontrer des habiletés et des attitudes appropriées lorsqu'elle ou il s'engage dans la résolution de problèmes liés aux besoins des humains;

RAS C3 : démontrer des habiletés de prise de décisions et des attitudes appropriées lorsqu'elle ou il adopte un plan d'action fondé sur le l'information scientifique et technologique;

RAS C4 : Utiliser des habiletés de communication efficaces et une variété de ressources afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques;

RAS C5 : Travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui.

RAS C1 : démontrer des habiletés, des attitudes et des méthodes de travail appropriées lorsqu'elle ou il entreprend une étude scientifique;

RAS C4 : Utiliser des habiletés de communication efficaces et une variété de ressources afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques;

RAS C5 : Travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui.

Stratégies d'enseignement suggérées

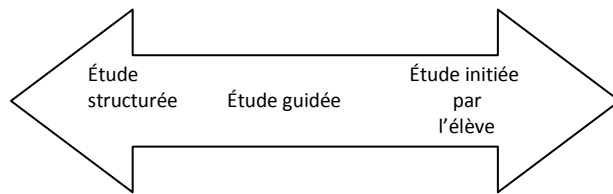
Étude ou enquête scientifique

L'étude ou enquête scientifique est un moyen efficace pour faire comprendre les processus scientifiques et les enseigner. Une pédagogie globale faisant appel à l'étude scientifique et comportant des stratégies d'enseignement peut améliorer la performance et l'attitude des élèves relativement aux sciences. Elle incite les élèves à prendre une part active dans le processus d'apprentissage quand ils ont l'occasion d'émettre des hypothèses et de mener des recherches. Grâce à cette approche, les élèves développent leur compréhension en posant des questions, en planifiant des enquêtes, en menant leurs propres expériences et en analysant et communiquant leurs résultats. De plus, elle leur permet de passer d'idées concrètes à des concepts abstraits, de reformuler leurs hypothèses, de tenter à nouveau des expériences et d'étudier les problèmes sous un autre angle (Jarrett; NRC, *National Science Education Standards*).

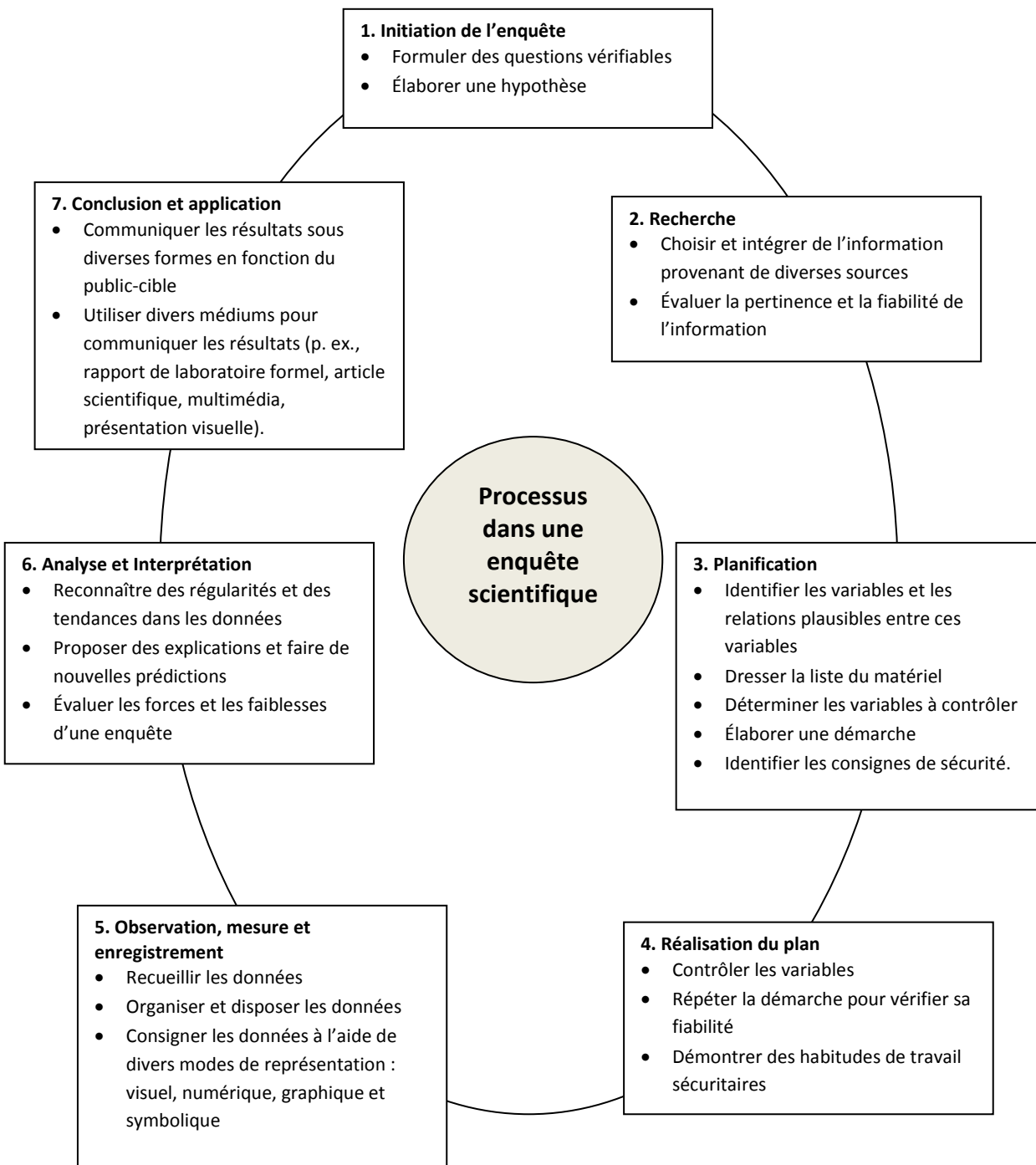
L'étude scientifique doit être élaborée dans un contexte logique fournissant des liens avec un contenu valable. À partir de connaissances pertinentes et exactes, l'enseignant guide les élèves dans le développement logique et l'intégration des idées. L'étude scientifique permet aux élèves de se familiariser avec l'application pratique de la méthodologie scientifique, y compris l'élaboration d'hypothèses, de théories, de métaphores et de lois, l'analyse empirique et mathématique, le design d'expériences et d'analyses, l'observation, l'objectivité et la perception, l'examen par les pairs, la critique et l'établissement d'un consensus. L'étude scientifique améliore les habiletés de réflexion critique, dont celles touchant la déduction, l'inférence ou induction, l'intuition, la causalité, l'association et la probabilité, à mesure que les élèves étudient des phénomènes et construisent la signification de données et d'observations.

L'enseignement basé sur l'étude scientifique se déroule souvent selon un continuum, appliquant des stratégies et proposant des activités appropriées à une situation particulière. À un bout du continuum se trouve l'étude structurée, dans laquelle les élèves participent à des activités pratiques très encadrées et suivent des instructions précises. Au milieu du continuum, il y a l'étude guidée où les élèves peuvent déterminer eux-mêmes la procédure d'enquête, mais où le choix de la question à étudier appartient à l'enseignant. À l'autre extrémité du continuum se trouve l'étude initiée par l'élève, dans laquelle les élèves élaborent leurs propres questions et enquêtes. Ce genre d'étude offre aux élèves l'occasion d'illustrer le processus de réflexion et de travail d'un esprit scientifique en vue de résoudre des problèmes importants au niveau personnel et social. Les élèves se concentrent sur tous les aspects de la recherche, peuvent

assumant le design de l'étude et l'exploration des avenues possibles en conformité avec les pratiques reconnues par les scientifiques.

Continuum proposé pour l'enseignement fondé sur l'étude scientifique

Pour que les élèves se familiarisent avec le jugement critique, ils doivent se pratiquer dans des situations où ils ont la liberté et la responsabilité de diriger leur propre enquête et de choisir le thème à l'étude. (Des stratégies favorisant le passage d'expériences de laboratoire toutes prêtes à des expériences conçues par les élèves sont décrites dans *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 4.10-4.13.) Les étapes de l'étude scientifique sont illustrées à la page suivante.

Processus impliqués dans une enquête scientifique

Activation

Connaissances antérieures

- De la maternelle à la 10^e année, les élèves ont appris à utiliser le processus d'étude scientifique.
- Les élèves de la 11^e année ont déjà développé leur habileté en matière d'étude scientifique, ce qui leur permet de proposer des questions menant à une étude scientifique et d'élaborer des hypothèses ou prédictions. Les élèves trouvent, évaluent et résumant les informations pertinentes à partir de diverses sources. Ils planifient et réalisent les procédures, notamment en déterminant le matériel à utiliser et le mode d'emploi, les variables, les contrôles, les méthodes et les considérations liées à la sécurité. Les élèves collaborent ensemble à la collecte, à l'organisation et à la présentation des données. Ils interprètent les profils récurrents et expliquent les liens observés afin de pouvoir tirer des conclusions. Les élèves développent aussi des attitudes clés, se familiarisent avec la nature des sciences et acquièrent d'autres habiletés en recherche et en communication, dans l'usage des technologies de l'information et dans l'apprentissage coopératif.

Activités fondées sur les connaissances antérieures

- Par des activités d'apprentissage telles que les suivantes, l'enseignant et les élèves pourront activer des connaissances antérieures, détecter les idées fausses et faire un lien entre les nouvelles informations et les expériences antérieures. Dans une étude scientifique, les élèves doivent faire un lien entre des théories scientifiques personnelles et des concepts généralement acceptés par la communauté scientifique. Une discussion peut aider à évaluer cette compréhension, qui peut mener à l'élaboration de questions et d'hypothèses.

Exemples de stratégies (voir l'annexe 2)

Activités visant à activer des connaissances antérieures :

- Guide d'anticipation
- Événement/résultat discordant
- Dessin/illustration d'un concept
- Tableau des connaissances
- SVA
- LIEN (liste-interroge-écrit-note)
- Écoute-dessine-trouve un partenaire-discute
- Chaîne de graffitis coopératifs

Les étapes de l'étude scientifique : Continuum suggéré

Les processus impliqués dans une étude scientifique (illustrées de façon schématique à la page précédente) servent *uniquement de lignes directrices générales*. Il n'est pas obligatoire de suivre toutes ces étapes dans toutes les études scientifiques, ni de les suivre dans le même ordre dans chaque situation. Cependant, il est important que les élèves comprennent, grâce aux diverses expériences, qu'il n'y a pas de « méthode scientifique » et définissable unique qui peut convenir à l'étude du monde naturel dans toutes les situations. Il existe un mythe persistant et généralisé selon lequel la science s'efforce de découvrir les « vérités » au sujet de la nature grâce à ses méthodes d'étude exclusives, et qu'elle réussit très bien dans cette entreprise.

1. Amorce de l'étude

La méthode générale pour mener une étude scientifique commence souvent par une question, qui est soulevée quand on observe une relation entre des phénomènes naturels. S'il n'existe aucune réponse connue à cette question, on peut alors formuler une ou plusieurs hypothèses ou explications plausibles et les soumettre à une expérience scientifique qui permettra de répondre à la question. Le succès d'une loi, d'une théorie ou d'un modèle scientifique dépend de son exactitude dans la prédiction d'un phénomène naturel. À mesure qu'ils répètent et améliorent leurs expériences, les scientifiques peaufinent constamment les théories scientifiques prévalant actuellement qui régissent leur interprétation des données et des observations, et construisent des modèles améliorés qui correspondent aux résultats de leurs expériences et leur permettent de faire de meilleures prédictions au sujet du comportement des phénomènes naturels. Par exemple, si une théorie ne réussit pas à prévoir correctement ou à mieux expliquer des phénomènes, il y a lieu de se demander s'il serait préférable de la laisser tomber.

Le processus d'étude scientifique se prête particulièrement bien au travail des élèves quand ils doivent formuler leurs propres questions. Une bonne question menant à l'étude scientifique permet aux élèves de faire des prédictions (p. ex., une *hypothèse de travail*), de créer un plan, d'effectuer des tests fiables, de faire des observations et de tirer des conclusions pertinentes. L'enseignant peut appuyer ce processus en encourageant la formulation de questions et l'approfondissement de ces questions, aidant à préciser, à orienter et à délimiter les questions et problèmes pour faciliter leur étude concrète.

- **Formuler des questions menant à l'étude scientifique (vérifiables)**

Une bonne question, qui est simple et qui mène à l'étude scientifique, est souvent présentée sous la forme suivante : « Quel effet le ____ peut-il avoir sur ____? ». Elle est axée sur un seul facteur (*exemple* : « Quel effet la lumière solaire aura-t-elle sur la croissance des plantes? » au lieu de « Quels sont les facteurs qui ont un effet sur la croissance des plantes? »).

Exemple de question menant à l'étude scientifique :

– *Quel effet l'application de chaleur a-t-elle sur la viscosité d'un fluide?*

Cette question englobe la cause (l'application de chaleur) et l'effet (viscosité du fluide). Les deux parties de la question menant à l'étude scientifique sont appelées les variables. Les *variables* sont des facteurs qui peuvent influencer sur un événement ou un processus d'une façon quelconque. La *variable indépendante* est la **seule** variable qu'on décide de modifier. La *variable dépendante* change à cause de la modification de la variable indépendante, ou en réaction à cette modification.

Le fait de placer les variables comme suit peut aider à déterminer chaque portion :

_____ dépend de _____
La variable dépendante **la variable indépendante**

Pour appliquer cette approche à la question vérifiable ci-dessus, on peut dire :

La viscosité d'un fluide dépend de l'application de chaleur.
Variable dépendante **variable indépendante**

Exemple de stratégie

— Cadre de rapport entre concepts — pour examiner des associations entre les variables
(*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 11.20, 11.35)

- **Formuler une hypothèse de travail**

Une *hypothèse* est une suggestion de réponse concernant la façon dont une variable influe sur l'autre. L'hypothèse devrait décrire la relation existant entre les variables indépendante et dépendante. Souvent, elle se présente sous la forme « si ... alors... ».

Si la quantité de chaleur augmente (**variable indépendante**), alors la viscosité diminuera (**variable dépendante**).

Exemples de stratégies (Voir les annexes 2 et 6)

Exemples d'activités pouvant susciter des questions menant à l'étude scientifique et à la formulation d'une hypothèse de travail :

- Remue-méninges — Discussion en classe/en groupes
- Événement/résultat discordant
- SVA
- Écoute-réfléchis-trouve un partenaire-discute
- Recherche et débat
- Chaîne de graffitis coopératifs
- Table ronde

2. Recherche

La partie recherche de l'étude scientifique peut se situer à divers stades de l'étude.

- **Choisir et intégrer l'information obtenue de diverses sources**

Il importe que les élèves choisissent et intègrent l'information à partir d'une variété de sources, et qu'ils la compilent et l'organisent sous une forme adéquate après un traitement approprié.

- **Évaluer la pertinence et la fiabilité des renseignements généraux**

Les élèves doivent déterminer et appliquer des critères d'évaluation pour les données probantes et les sources d'information, examinant la fiabilité, l'erreur systématique et l'utilité des informations recueillies. Ils peuvent ensuite résumer et consigner l'information sous diverses formes, p. ex., paraphrase, citation d'opinions et de faits pertinents, et renvois à des outils de référence.

Exemples de sources d'information

Imprimées

- Textes
- Articles de journaux
- Revues
- Magazines

Électroniques

- Internet
- Vidéos
- CD-ROM
- Télévision

Communautaires

- Personnes-ressources/spécialistes

Exemples de stratégies (voir les annexes 4 et 5)

- Cadre d'analyse d'articles
- Études de cas
- Schémas conceptuels
- Analyse d'articles axés sur des faits et d'articles axés sur des enjeux
- Projets de recherche fondés sur des ouvrages spécialisés
- Lecture de documents scientifiques
- Recherche sur le Web (WebQuest)

3. Design de l'étude

Le plan de l'étude scientifique peut indiquer l'appareillage, le matériel, les considérations liées à la sécurité et les étapes à suivre. Il précise les principales variables et des mesures de contrôle.

• Indiquer les variables et la relation plausible entre ces variables

La clé du design d'expériences réussies est l'identification de toutes les variables associées au phénomène observé et à la question posée. Idéalement, dans une expérience scientifique, toutes les variables de l'expérience sauf une sont contrôlées par le chercheur. À mesure que l'expérience se déroule, seulement une variable peut changer et toutes les autres restent constantes.

• Dresser la liste du matériel

Les élèves choisissent les instruments appropriés pour la collecte de données. La manipulation d'outils et d'appareils de laboratoire communs permet aux élèves de créer des simulations et des modèles de travail visant à vérifier leurs idées. Les élèves devraient pouvoir expliquer pourquoi ils ont choisi ce matériel.

Exemple de stratégie

- Approche tripartite — décrire et illustrer le matériel (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 10.9, 10.22)

• Déterminer les variables à contrôler

Les élèves indiquent les variables à contrôler et expliquent pourquoi il est important de les contrôler.

• Élaborer une procédure

Après avoir élaboré une procédure, les élèves résument cette méthode et en discutent, expliquant pourquoi c'est la meilleure procédure et définissant les termes utilisés.

• Indiquer les considérations liées à la sécurité

Les élèves déterminent et indiquent les points à prendre en considération concernant la sécurité.

Exemple de ressource traitant de sécurité :

- *La sécurité en sciences de la nature – Un manuel ressource à l'usage des enseignants, des écoles et des divisions scolaires (de la maternelle à la 12^e année* (Éducation et Enseignement Supérieur Manitoba)

4. Réalisation de l'étude scientifique planifiée

L'enseignant peut illustrer ou faire une démonstration de la façon de procéder et encourage les élèves à suivre les procédures dans une attitude d'ouverture d'esprit. Les élèves doivent savoir quelles sont les procédures prévues et celles qui ont été suivies, en notant tout changement et les motifs expliquant ces changements.

- **Contrôler les variables**

Les élèves indiquent la variable sur laquelle ils agissent et surveillent le déroulement de l'expérience pour s'assurer que les autres variables demeurent constantes.

- **Faire l'essai de la procédure pour vérifier sa fiabilité**

Pour accroître l'exactitude et la fiabilité de la procédure, les élèves doivent effectuer un certain nombre d'essais afin de s'assurer que la collecte de données est valable et qu'elle peut être répétée au besoin.

- **Faire la démonstration d'habitudes de travail assurant la sécurité**

Au cours de la procédure, les élèves démontrent qu'ils ont des habitudes de travail assurant la sécurité.

5. Observation, mesure et consignation des résultats

Les élèves choisissent et utilisent des méthodes et des outils appropriés à la collecte de données et d'informations. Ils font des estimations et des mesures exactes à l'aide d'unités du Système international (SI) et d'autres unités standard. Ils peuvent/doivent pouvoir lire les instruments correctement et expliquer comment les mesures et les calculs ont été effectués.

- **Recueillir les données**

L'enseignant peut faire la démonstration de la façon « d'observer » durant la collecte de données. Les élèves concentrent leur attention sur la technique et la précision. Afin de démontrer la méthode d'observation, l'enseignant peut poser les questions suivantes :

- Qu'est-ce que chaque point sur la ...(courbe)... représente?
- Avez-vous fait une estimation d'après une procédure dont nous avons démontré l'efficacité...?
- Est-ce que vous obtiendriez la même mesure (ou valeur) si ...?

- **Organiser et présenter les données**

Avant de commencer l'expérience, les élèves déterminent ce qui doit être mesuré et construisent un tableau approprié pour consigner les données. L'enseignant suggère et montre des méthodes logiques et valables pour organiser et présenter les données. Les élèves disposent les données de façon à dégager des profils ou des relations entre les variables, ou à préciser les résultats. Ils consignent, organisent et présentent les observations et données suivant un format approprié, y compris des énumérations, diagrammes, notes télégraphiques, tableaux, listes, chiffriers électroniques, graphiques et fiches de fréquence.

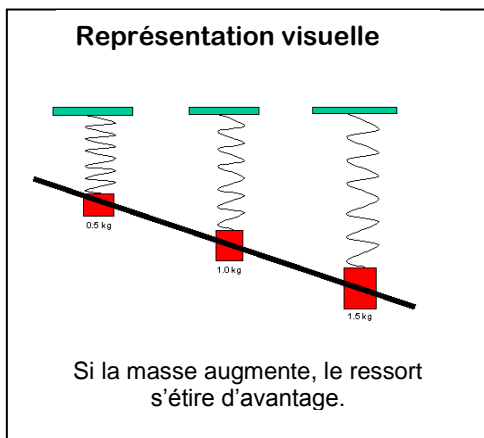
- **Communiquer les données selon divers modes de représentation**

Dans une étude scientifique, les données peuvent être représentées par divers moyens : visuel, numérique, graphique et symbolique.

Exemples de modes de représentation :

Représentation visuelle

- Illustre les relations visibles entre des variables (voir le graphique ci-dessous).
- Décrit comment se déroule l'expérience.



Représentation numérique

- Présente les chiffres arrondis et indique les chiffres significatifs.
- Classe les données.
- Utilise l'analyse d'erreur.
- Crée des diagrammes et/ou tableaux.
- Indiquent les profils ou tendances dans les données brutes.

Représentation numérique

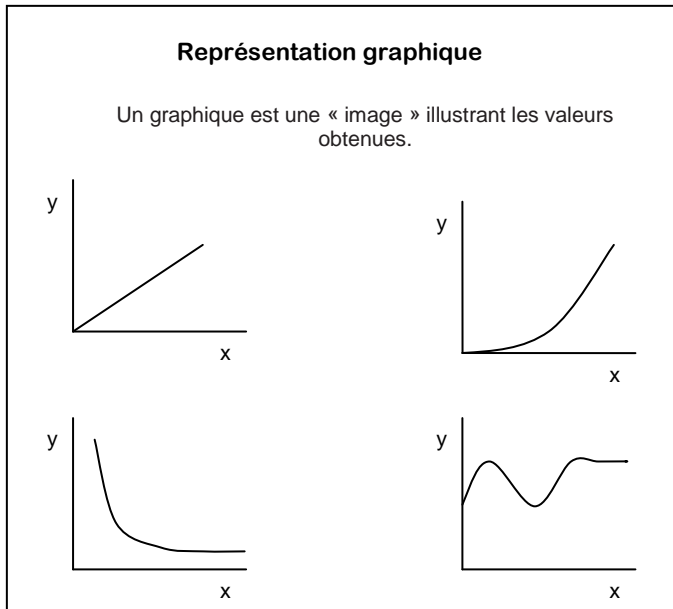
En règle générale, une représentation visuelle n'est pas suffisante pour déterminer précisément une relation. Il faut donc quantifier la relation en prenant des mesures.

F (N)	X (cm)
1,0	0,2
2,0	0,4
3,0	0,6
4,0	0,8

Les élèves tentent de dégager des profils ou tendances à partir des données (par exemple, si la force est doublée, de 1 à 2, quel sera l'effet sur l'extension du ressort?).

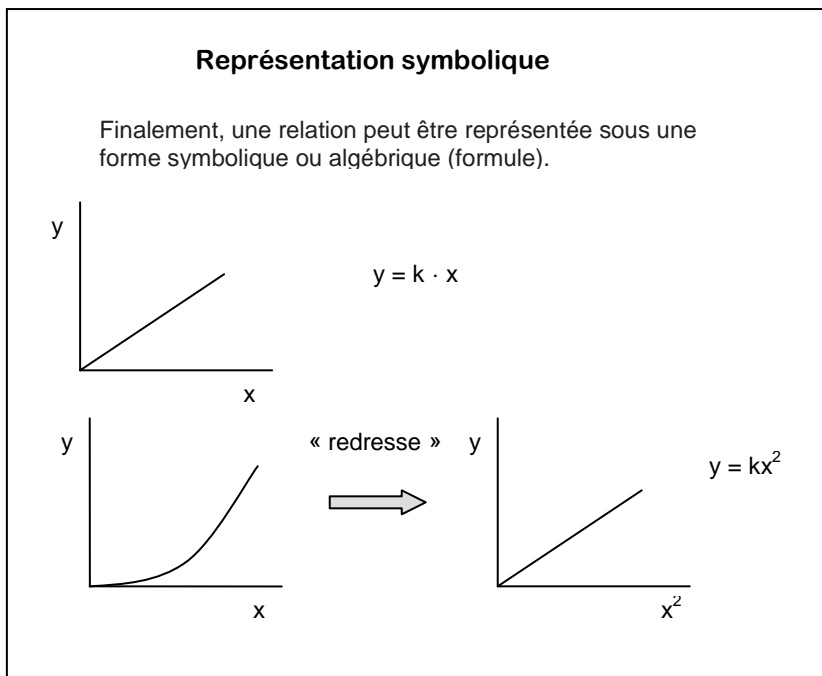
Représentation graphique

- Utilise le type de graphique approprié (p. ex., Quel graphique ci-dessous se prête à la présentation des données sur l'extension du ressort?)
- Utilise l'échelle appropriée sur chaque axe.
- Illustre le « phénomène » à l'étude à partir de cette représentation des valeurs.
- Indique une courbe de meilleur ajustement (p. ex., régression linéaire).
- Permet l'interpolation et l'extrapolation.



Représentation symbolique

- Détermine la pente à partir d'une relation linéaire.
- Établit la relation, à un point particulier sur une courbe non linéaire, entre la pente et le taux de variation « instantané ».
- Établit des équations modèles pour traiter les données.
- « Redresse » la courbe afin d'établir les relations non linéaires.



6. Analyse et interprétation des résultats

Les élèves analysent les données et appliquent des modèles mathématiques et théoriques appropriés afin d'évaluer les interprétations et explications possibles. Ils choisissent et appliquent les modes de représentation appropriés (visuel, numérique, graphique, symbolique et linguistique) pour communiquer efficacement les idées, les plans et les résultats de l'étude scientifique.

- **Indiquer les profils et relations à partir des résultats**

Les élèves doivent interpréter les profils et tendances dans les données, faire les déductions qui s'imposent et expliquer les relations en présence à l'aide de termes comme augmentation, diminution, linéaire, curviligne, répétition, inchangé et extrapolation. Encourager les élèves à discuter des profils récurrents dans les données, à chercher des profils généraux et spécifiques.

Donner des exemples de termes relatifs aux profils découverts.

- Que nous disent les valeurs présentées dans les tableaux de données au sujet de ce qui s'est produit dans l'expérience?
- Pour tout changement ou variation de ... de la variable *dépendante*, la variable *indépendante* change comme suit :

- **Proposer des explications et faire de nouvelles prédictions**

Les élèves proposent des explications et font des prédictions à partir de leurs données, indiquant les limites, les exceptions ou d'autres interprétations des données. Inciter les élèves à revenir à leurs renseignements généraux pour comparer leur réflexion avec leurs conclusions. Les inviter à indiquer et à suggérer des explications pour les écarts ou valeurs discordantes dans les données, y compris les sources d'erreur, comme la difficulté de contrôler certaines variables, le manque de données, le manque d'exactitude des mesures, les limites de l'équipement et les contraintes de temps.

- **Évaluer les forces et les déficiences de l'étude**

Proposer aux élèves d'évaluer le plan original de l'étude et de suggérer des améliorations, d'indiquer les forces et les faiblesses des méthodes de collecte des données et les défauts de design de l'étude.

7. Conclusion et application

À ce stade, les élèves doivent réfléchir à leurs connaissances et expériences antérieures afin d'élaborer une nouvelle compréhension du phénomène. Les inviter à tirer une conclusion expliquant les résultats de l'étude, qui appuie ou rejette l'hypothèse ou la prédiction de départ. L'enseignant peut utiliser des techniques de questionnement divergentes qui réorientent la réflexion pour aider les élèves à élaborer leurs conclusions. Si les données confirment l'hypothèse de départ, les élèves doivent fournir les preuves à l'appui de l'hypothèse, discuter de la relation de cause à effet et faire le lien avec des données scientifiques reconnues. Les élèves peuvent également envisager d'autres explications possibles, répéter l'expérience et poser des questions et des hypothèses en vue d'études futures.

- **Communiquer les résultats**

Dans la conclusion, on doit expliquer la relation existant entre la variable indépendante et la variable dépendante si l'étude scientifique est conçue en conséquence.

Exemple de conclusion de l'expérience

Voici un exemple de conclusion d'une expérience comportant les facteurs *lumière solaire* et *croissance des plantes*.

Dans notre expérience, toutes les variables, sauf la quantité de lumière solaire, demeurent constantes. Les géraniums qui ont reçu davantage de lumière solaire ont poussé plus rapidement que celles qui ont été exposées moins longtemps à la lumière du jour. Pendant les 32 jours qu'a duré l'expérience, les plantes qui ont bénéficié de dix heures de plus d'ensoleillement par jour ont poussé en moyenne de 3 cm, tandis que les plantes qui ont été moins exposées à la lumière du jour ont gagné en moyenne 1 cm de hauteur. Nos résultats confirment donc notre hypothèse.

En plus de réexaminer l'hypothèse, la conclusion doit inclure les sources d'erreur liées à l'expérience, c'est-à-dire les facteurs qui peuvent nuire à l'exactitude des données. Au cours de la réflexion sur le déroulement de la procédure, l'enseignant peut suggérer des façons d'améliorer la qualité de l'expérience.

Une autre composante de la conclusion porte sur les implications ou applications de l'expérience ou du concept dans la vie de tous les jours.

- **Utiliser divers médias pour communiquer les résultats**

Les élèves peuvent présenter leurs constatations et conclusions de diverses façons selon le but ou l'intention de l'étude scientifique et ses résultats. Les résultats d'études sont généralement communiqués sous forme de rapport de laboratoire écrit, d'article scientifique ou d'exposé oral. L'enseignant peut structurer et faciliter les discussions selon une compréhension commune des règles du discours scientifique, comme la justification de l'interprétation, le fondement des arguments sur des données probantes et l'évaluation critique des explications de pairs. Encourager les élèves à formuler leurs propres idées ou commentaires, à débattre de la validité des explications et solutions proposées et à participer à la prise de décisions.

Exemples de médias pour communiquer les résultats :

Rapport de laboratoire écrit

Les élèves apprennent à résumer et à analyser leurs expériences de laboratoire, notamment par les moyens suivants :

- Cadre de rapport de laboratoire (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 11.28-11.29.*)
- Cadre de rapport de laboratoire formel (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 11.38-11.39.*)

Les élèves peuvent trouver à prime abord que la préparation d'un rapport de laboratoire complet est laborieuse, et s'empêtrer dans le *format standard*, plutôt que de mettre l'accent sur le contenu scientifique qui est vraiment important. L'enseignant peut passer du temps à expliquer les parties du rapport séparément, par exemple, l'énoncé du but du rapport ou la présentation des données.

Article scientifique

Un article scientifique peut servir à énoncer un problème scientifique et à tenter de le résoudre, à exposer les résultats d'une recherche récente ou à examiner (pour la valider) la procédure suivie durant les tests afin d'explorer les principales prédictions à

partir d'une théorie scientifique. Les élèves peuvent utiliser un format de rédaction scientifique convenu en consultation avec l'enseignant.

Présentation

Les résultats de l'étude scientifique peuvent être communiqués sous forme de présentation :

- multimédia (p. ex., PowerPoint)
- exposé oral

Représentation visuelle

L'information recueillie au cours de l'étude scientifique peut être communiquée par des moyens visuels tels que :

- tableaux
- graphiques
- diagrammes étiquetés
- organigrammes
- affiches
- modèles réduits ou maquettes
- schémas conceptuels
- bande dessinée

Rédaction d'un journal ou carnet scientifique

Les élèves peuvent réfléchir et répondre à une question à l'aide de divers formats comme le schéma conceptuel.

Stratégies d'évaluation suggérée

On trouvera ci-dessous des suggestions de techniques d'évaluation pour le processus d'étude scientifique.

• Grilles d'évaluation/listes de contrôle

- Évaluation de rapports de laboratoire (voir l'annexe 9)
- Liste de contrôle d'observations : Étude scientifique— Effectuer un test juste et équitable (voir l'annexe 9)

• Évaluation de performance

Les stratégies d'évaluation peuvent inclure les suivantes :

- Faire la démonstration d'une technique de laboratoire (p. ex., comment allumer un brûleur Bunsen, utiliser une pesée, faire la mise au point du microscope).
- Faire la démonstration d'une procédure de sécurité.
- Interpréter les étiquettes du SIMDUT (Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail).
- Identifier une inconnue.

Note :

Établir les critères d'évaluation avec les élèves. Ces critères doivent porter notamment sur le contenu et les composantes de la présentation et ils peuvent être similaires quelle que soit la

forme de présentation choisie par les élèves. Assigner un pointage maximum pour chaque critère, ou utiliser un barème simple (p. ex., excellent, bon, passable, médiocre).

RAS C2 : démontrer des habiletés et des attitudes appropriées lorsqu'elle ou il s'engage dans la résolution de problèmes liés aux besoins des humains;

RAS C4 : Utiliser des habiletés de communication efficaces et une variété de ressources afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques;

RAS C5 : Travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui.

Stratégies d'enseignement suggérées

Processus de design (résolution de problèmes technologiques)

La résolution de problèmes technologiques a été définie de bien des façons. L'une d'entre elles décrit un problème comme étant un besoin auquel il faut répondre, par exemple, le besoin de comprendre les forces de la nature (sciences), de modifier l'environnement (technologie) ou d'utiliser des connaissances scientifiques pour modifier l'environnement (ingénierie). La résolution de problèmes technologiques peut se subdiviser en trois catégories : design, dépannage et évaluation de technologie (évaluation des impacts).

La résolution des problèmes technologiques, c'est la réponse universelle aux besoins de base et aux désirs des humains. Les besoins sont des facteurs de base, comme l'alimentation et l'abri, considérés comme étant essentiels à la survie. Les désirs sont des concepts beaucoup plus larges qui comprennent tout l'éventail des choses que les humains aimeraient posséder. Souvent, on ne perçoit un désir qu'après avoir eu l'occasion de le satisfaire. C'est souvent le cas dans notre société de consommation.

L'activité technologique comporte l'application et la consommation de ressources : information, savoir, capital (argent), temps, matières brutes et synthétiques, outils, machines, main-d'œuvre, etc. Les meilleures solutions possibles sont déterminées à partir d'un examen minutieux du problème et des ressources disponibles. Après une évaluation appropriée, on peut adopter une solution. Cette solution comporte toujours des résultats, certains bien connus et d'autres moins, certains positifs et d'autres négatifs. Invariablement, les solutions technologiques ouvrent la porte à d'autres besoins, désirs, problèmes et possibilités, et le cycle continue.

Souvent, la résolution de problèmes technologiques comprend les étapes suivantes : cerner le problème, formuler des solutions possibles, faire l'essai de la meilleure solution et vérifier si le problème est résolu. Pour pouvoir résoudre des problèmes complexes et appliquer leurs acquis à d'autres situations, les élèves doivent posséder des connaissances et comprendre ce qu'elles signifient.

Les projets de design s'articulent autour d'objets du monde physique. Les élèves peuvent appliquer leur connaissance du monde à leur projet de design. En plus de décider à quoi peut ressembler leur concept, les élèves déterminent ce qu'ils veulent que leur concept accomplisse et comment ils évalueront si ce concept atteint le but visé. Les projets de design fournissent un

contexte de communication scientifique. Dans un contexte d'expérience ouverte, le savoir acquis par l'un des élèves peut être appliqué par tous et de façons très différentes.

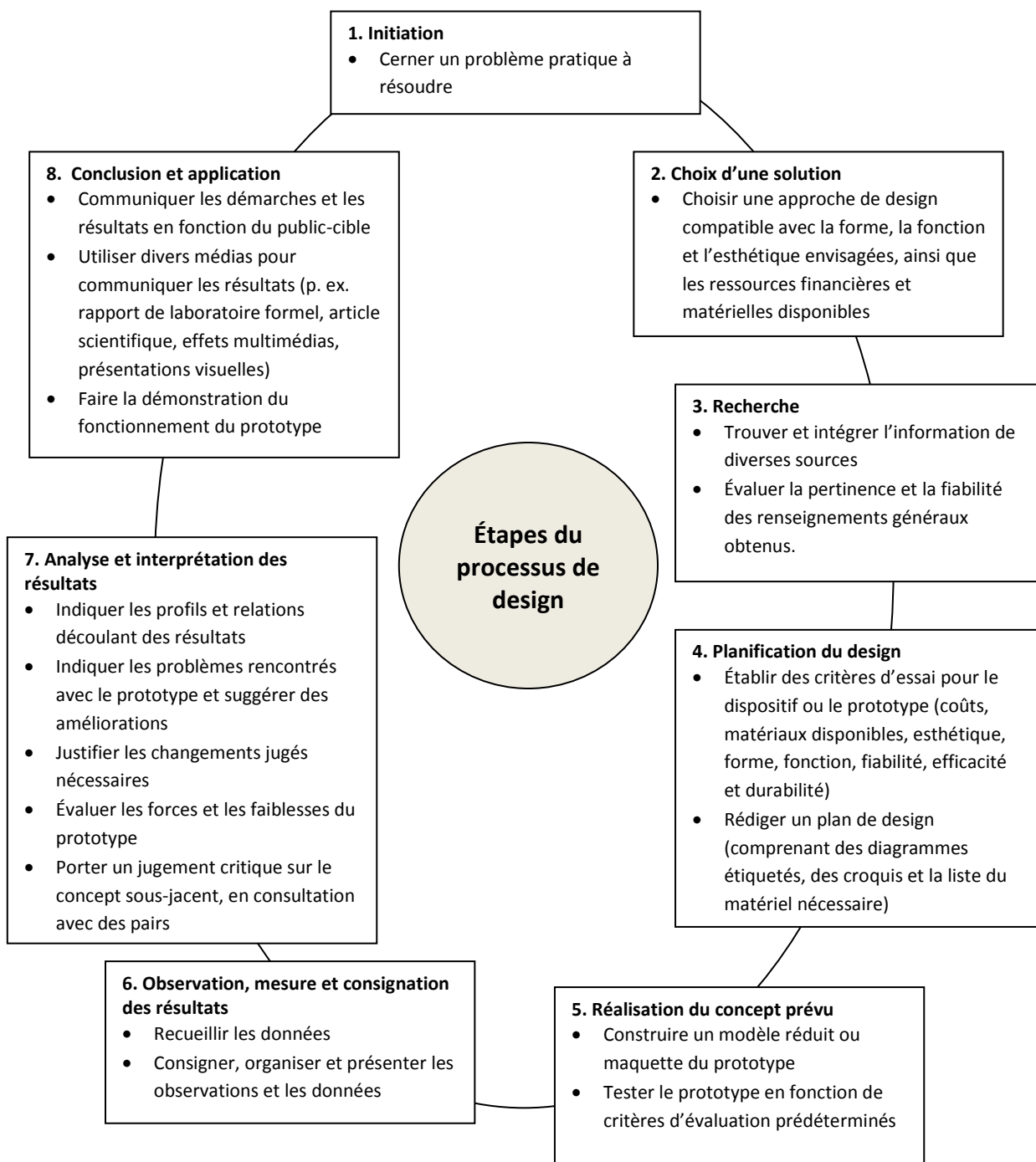
Comme l'essai de modèles produit des données pouvant servir de preuves, les élèves peuvent présenter et critiquer des arguments scientifiques qui tentent d'expliquer la performance de différents modèles.

Les élèves proposent, bâtissent, testent, évaluent et redimensionnent leur modèle. L'enseignant peut poser des défis de design aux élèves, ou bien les élèves décident pour eux-mêmes de l'objet à concevoir et de sa finalité. Les questions d'orientation posées au cours d'activités d'écriture, les remarques de l'enseignant et un journal de design structuré peuvent fournir des explications et inciter les élèves à axer leur expérience sur l'explication et sur la performance. Les activités initiales menant au design du modèle facilitent aux élèves la compréhension de principes scientifiques qu'ils peuvent appliquer à leurs concepts et servir de modèles du processus permettant de répondre à des questions de nature scientifique.

Le fait d'offrir l'occasion de remodeler le projet comporte plusieurs avantages. D'abord, il donne aux élèves la chance d'appliquer ce qu'ils ont appris de leurs efforts antérieurs pour bâtir et tester un modèle. Grâce aux essais, les élèves peuvent aussi découvrir de nouvelles contraintes ou des propriétés importantes qui les incitent à réviser leur expérience et à redéfinir les questions, les méthodes et les moyens de vérifier leur approche. Pour enseigner comment concevoir un projet, l'enseignant doit élaborer une stratégie qui non seulement tolère les solutions de rechange, mais en encourage aussi l'essai.

Le diagramme à la page suivante illustre les étapes suggérées du processus de design (ou de résolution de problèmes technologiques) dans la construction d'un prototype.

Étapes du processus de design



Attentes générales

Les élèves peuvent obtenir les résultats d'apprentissage établis au moyen d'expériences d'apprentissage telles que les suivantes :

- Construire un prototype et vérifier son fonctionnement.
- Observer et prendre des mesures, consigner, organiser et présenter les données suivant des formats appropriés : diagrammes étiquetés, tableaux, graphiques, etc.
- Analyser des moyens d'améliorer les données.
- Choisir et appliquer des modes de représentation appropriés (visuel, numérique, graphique, symbolique et linguistique) pour communiquer efficacement les idées, les plans et les résultats de l'étude scientifique.
- Communiquer les questions, les idées et les intentions, et recevoir, interpréter, comprendre, confirmer ou réfuter les idées des autres et y donner suite au moyen de maquettes ou de modèles. (Exemple : *Participer à une activité de groupe montrant la position des continents de la Terre à différentes époques anciennes avec des maquettes tridimensionnelles de la Terre. Utiliser le plâtre ou l'argile pour représenter les continents, qui seront fixés au globe. Est-il possible de placer correctement les continents sur la Terre avec le rayon actuel, ou bien y a-t-il des vides inexplicables? Comment deux théories différentes — la tectonique des plaques ou l'expansion de la Terre — peuvent-elles résoudre les problèmes posés quand on dispose les continents comme dans un casse-tête?*)
- Choisir et intégrer l'information obtenue de diverses sources imprimées, électroniques et multimédias; compiler et organiser l'information en formats appropriés après l'avoir traitée correctement.
- Identifier et appliquer les critères d'évaluation des données probantes et des sources d'information, y compris la présence d'erreurs systématiques.
- Collaborer avec les pairs pour planifier et réaliser les études scientifiques, et pour susciter et évaluer des idées nouvelles.
- Écouter et évaluer les idées d'autres élèves ou groupes d'élèves, et réagir à ces idées, par exemple, évaluer la crédibilité, l'exactitude et la précision ainsi que les erreurs systématiques possibles de l'information présentée.

Activation

Connaissances antérieures

- De la maternelle à la 8^e année, les élèves ont développé le processus de design. Ils peuvent construire des prototypes pour résoudre des problèmes pratiques et les analyser en fonction de critères comme les coûts, l'efficacité et les considérations environnementales.
- Au secondaire, les élèves poursuivent leur progression le long de ce continuum, mais les attentes sont plus élevées relativement à la complexité du processus. Les élèves continuent d'appliquer leur habileté à résoudre des problèmes dans l'évaluation des produits de consommation afin de déterminer le meilleur produit pour un usage particulier. Ils peuvent cerner des problèmes concrets à résoudre, trouver, évaluer et résumer l'information pertinente obtenue de diverses sources, établir des critères d'évaluation et élaborer un plan pour résoudre le problème. Les élèves construisent et testent un prototype en faisant appel à leur compétence en observation et en prise de mesures, et en consignait les données recueillies. Ils collaborent avec des pairs pour la collecte, l'organisation et la présentation des données. Ils peuvent évaluer le prototype et trouver une solution au problème. De plus,

ils développent leurs attitudes clés et se sensibilisent progressivement à la nature des sciences, acquérant d'autres compétences en recherche, en communication, en technologies de l'information et en apprentissage coopératif.

Activités fondées sur les connaissances antérieures

- Par des activités et stratégies d'apprentissage telles que les suivantes, l'enseignant et les élèves peuvent faire appel aux connaissances antérieures, détecter les idées fausses et faire un lien entre les nouvelles informations et les expériences antérieures.

Exemples de stratégies (voir les annexes 2 et 3)

- Guide d'anticipation
- Événement discordant
- Dessin
- Tableau des connaissances
- SVA
- LIEN
- Écoute-dessine-trouve un partenaire-discute
- Chaîne de graffitis coopératifs
- Cadre de tri et de prédiction

Activités de construction du vocabulaire

- Grâce aux activités et stratégies d'apprentissage comme ci-dessous, l'enseignant peut aider les élèves à utiliser un vocabulaire qu'ils connaissent déjà ou les préparer à apprendre ce vocabulaire pour pouvoir mieux comprendre la nouvelle matière.

Exemples de stratégies (voir l'annexe 3)

- Cadre de tri et de prédiction
- Approche tripartite
- Réseaux et regroupements

Les étapes du processus de design**1. Amorce de l'étude scientifique**

- **Cerner un problème concret à résoudre**

Les élèves analysent soigneusement le problème de design et le subdivisent en autant de systèmes et sous-systèmes que possible. Ils cernent plus précisément la source du problème pour déterminer exactement ce qu'ils doivent créer ou concevoir. Les élèves élaborent et appliquent une stratégie faisant appel à diverses sources pour identifier et étudier les problèmes et possibilités de communication dans le monde réel. Ils définissent et énoncent clairement les besoins, les problèmes et les possibilités liés aux communications entre deux personnes, entre une personne et une machine et entre deux machines. Enfin, ils préparent un aperçu de concept qui précise et présente les problèmes de communication à résoudre.

Par exemple, un problème concret pour une solution telle que « *utiliser le processus de design pour construire un prototype qui indique l'heure d'après l'ombre que fait le soleil* » pourrait être présenté comme suit :

Concevoir et construire un prototype qui indique l'heure du jour d'après l'ombre que fait le soleil, pour un groupe d'adeptes de sports de plein air lors d'une course axée sur l'aventure.

Les athlètes n'apporteront ni montre ni horloge et doivent arriver à une destination particulière pour prendre un transport de retour à un moment précis.

Idéalement, les élèves devront participer à l'identification du problème et le placer en contexte, par exemple, le situer dans le monde réel, ou élaborer un scénario lié à une autre discipline comme en sciences sociales ou en littérature. Il est capital que le défi lié au design présenté aux élèves soit axé sur le problème et non sur le produit. Par exemple, « construire un bateau » est un défi axé sur le produit alors que « construire un dispositif flottant pour transporter une charge de trois blocs sur un plan d'eau d'un mètre de largeur » est un défi axé sur un problème. Le problème doit être assez général pour favoriser la découverte de solutions optimales.

Exemples de stratégies (voir les annexes 2 et 6)

- Remue-méninges
- Discussion en classe ou par groupes
- Écoute-réfléchis-trouve un partenaire-discute
- Chaîne de graffitis coopératifs
- Table ronde

2. Choix d'une solution

• Choisir une approche de design

Les élèves créent autant de solutions que possible pour le problème de design avant de tenter de réaliser l'une ou l'autre. Ils choisissent ensuite une approche de design compatible avec la forme, la fonction et l'esthétique du projet, en tenant compte des coûts, du matériel disponible, et ainsi de suite. Les équipes de design se posent des questions telles que les suivantes :

Exemples de questions

- Y a-t-il d'autres moyens de résoudre ce problème ou d'utiliser ces matériaux?
- Puis-je emprunter, adapter ou pousser plus loin des solutions ou technologies existantes?
- Est-ce qu'en ajoutant un nouvel élément ou en le plaçant différemment je peux trouver une solution?
- Est-ce qu'en ajoutant des éléments au problème permettrait d'en arriver à une solution?
- Est-ce qu'en enlevant des éléments du problème je peux le résoudre?
- Puis-je appliquer des substituts ou utiliser d'autres matériaux ou technologies?
- Puis-je disposer différemment les éléments du problème pour pouvoir trouver la solution?
- Est-il possible de faire tout le contraire de la solution que j'ai imaginée?
- Puis-je combiner des éléments ou technologies pour résoudre le problème?
- Est-ce qu'en examinant tout l'éventail des idées explorées et des stratégies utilisées dans l'énoncé de design je peux améliorer la solution et présenter un plan d'action cohérent pour la mise en place de la solution?
- Puis-je élaborer de multiples solutions possibles et déterminer la plus appropriée, en tenant compte de la conservation des ressources, du caractère adéquat de la solution, des résultats qu'elle peut engendrer et de la procédure nécessaire pour en arriver à ce modèle?

3. Recherche

La portion recherche peut se situer à divers stades du processus de design.

- **Choisir et intégrer l'information obtenue de diverses sources**
Il importe que les élèves choisissent et intègrent l'information provenant d'une variété de sources, qu'ils compilent et organisent cette information selon les formats appropriés et après avoir appliqué le traitement requis.
- **Évaluer la pertinence et la fiabilité des renseignements généraux**
Les élèves doivent déterminer et appliquer des critères pour évaluer les données probantes et les sources d'information; ils doivent en examiner la fiabilité, l'erreur systématique et l'utilité de l'information recueillie. Ils vont ensuite résumer et consigner les données sous diverses formes : paraphrases, citation d'opinions et de faits pertinents, et renvois aux documents de référence. Les élèves peuvent intégrer des connaissances, des concepts et des stratégies de résolution de problèmes liés à d'autres disciplines pour résoudre des problèmes technologiques.

Exemples de sources d'information

Imprimées

- Textes
- Journaux
- Revues
- Magazines

Électroniques

- Internet
- Vidéos
- CD-ROM
- Télévision

Communautaires

- personnes-ressources

Exemples de stratégies (voir les annexes 4 et 5)

- Cadre d'analyse d'articles
- Études de cas
- Schémas conceptuels
- Analyse d'articles axés sur des faits ou d'articles axés sur des enjeux
- Projets de recherche dans des ouvrages spécialisés
- Lecture de documents scientifiques
- WebQuest (recherche sur le Web)

4. Planification du design

- **Élaborer des critères pour faire l'essai du dispositif ou prototype**
Les élèves doivent élaborer et appliquer des critères objectifs et subjectifs appropriés pour l'évaluation d'un besoin. Les spécifications relatives au design et les études conceptuelles peuvent tenir compte des considérations esthétiques et fonctionnelles, de la qualité de construction et de l'utilisateur.

Les critères doivent être suffisamment précis pour limiter la portée des solutions peu pratiques et assurer le succès du projet, mais laisser suffisamment de latitude pour faire place à l'originalité et à la créativité. Il est également important que ces critères soient *vérifiables*.

Ces critères devraient être élaborés en tenant compte des idées des élèves, et être placés dans le contexte de l'apprentissage des sciences dans le regroupement des résultats d'apprentissage ciblés. L'enseignant devra peut-être préciser certains critères relatifs aux résultats d'apprentissage et au matériel disponible, tandis que les élèves seront souvent portés à inclure des critères liés à des réalités quotidiennes. Au cours de l'élaboration des critères, les élèves devraient examiner les aspects fonctionnels et esthétiques et tenir compte des coûts.

Pour s'assurer que chacun des critères spécifiés est vérifiable ou mène à une étude scientifique, les élèves doivent fournir des descripteurs, par exemple, les suivants :

- **Esthétique** : Pour certaines solutions relatives à un prototype, l'aspect esthétique est important. Le critère « attrayant pour la vue » peut être inclus, mais d'autres descripteurs (p. ex., couleur, échelle, finition) facilitent l'évaluation.
- **Coûts** : L'inclusion des coûts rehausse la prise de conscience de l'élève des enjeux liés à la production de l'objet et au rapport coût-efficacité. Ce critère peut être inclus par l'attribution de la valeur financière des matériaux ou procédés entrant dans la construction du prototype.
- **Forme, fonction, fiabilité et efficacité** : Les critères relatifs à la forme, à la fonction, à la fiabilité et/ou à l'efficacité du prototype doivent être précisés clairement afin d'assurer l'uniformité des essais. Il y a souvent un chevauchement important entre ces critères et le processus d'étude scientifique, car on applique le concept d'un test juste et équitable qui peut être reproduit.
- **Durabilité** : Les critères prévoyant l'usage de matériaux recyclés ou tenant compte de considérations environnementales sensibilisent les élèves aux enjeux relatifs à la durabilité et aux impacts des solutions/modèles proposés sur l'environnement, en lien avec la composante STSE (sciences, technologie, société et environnement) du document *Sujets d'actualité en sciences de la nature, 11^e année*.

- **Rédiger le plan de design**

À ce stade, le groupe d'élèves formule plusieurs idées et choisit la meilleure solution possible au problème proposé. L'enseignant aide à stimuler la réflexion des élèves (créativité, aisance, souplesse, approfondissement et originalité), favorisant l'élaboration de solutions optimales au problème. Le groupe détermine ensuite les matériaux appropriés, les considérations relatives à la sécurité et une séquence logique des étapes à suivre. Les élèves rédigent leur plan, incluant des diagrammes étiquetés avec vue latérale et du dessus du prototype, et des croquis tridimensionnels si possible. Il importe que les élèves soient conscients de l'importance du croquis étiqueté, qui permet de visualiser le prototype afin d'orienter la construction et de servir de plan provisoire (avant-projet). Une fois construit, le prototype sera peut-être (et probablement) modifié par rapport au croquis initial; un paragraphe expliquant la nécessité des modifications apportées représente un aspect important de l'apprentissage de l'élève. Au moment de créer le plan de design et de construction du prototype, il serait utile que les élèves incluent

un plan/instrument pour vérifier le prototype en fonction des critères établis et suivant une approche juste et équitable.

Les élèves rédigeront un plan dans lequel ils indiqueront :

- l'échéancier,
- les tâches assignées à chacun,
- la liste du matériel (d'après une panoplie d'outils, de matériaux et de procédés),
- les précautions à prendre relativement à la sécurité,
- les diagrammes (montrant les changements apportés au concept)

5. Réalisation du modèle prévu

• Construire un prototype ou modèle

Le fait de construire le prototype qu'ils ont dessiné donne aux élèves la possibilité d'appliquer leurs connaissances sur les propriétés des matériaux et leur usage. Il les encourage à cerner les besoins en informations et à chercher les renseignements nécessaires. De plus, il permet aux élèves d'appliquer leur savoir scientifique et les compétences qu'ils ont acquises durant ce regroupement particulier dans un contexte pratique.

Par exemple, pour un problème de design associé à un problème spécifique comme « *utiliser le processus de design pour construire une structure qui supportera l'application d'une force externe* », les élèves doivent appliquer les connaissances et habiletés suivantes :

- déterminer les forces internes et externes et le stress que ces forces appliquent aux structures;
- déterminer le centre de gravité et son effet sur la stabilité;
- déterminer l'efficacité de la structure par rapport à sa masse, en étudiant l'effet d'une force en fonction de l'amplitude, de la direction, du plan et du point d'application.
- trouver des méthodes permettant d'accroître la force et la stabilité d'une structure.

Les élèves doivent expérimenter les concepts et habiletés clés avant d'entreprendre le projet de design. Au stade de la construction, ils peuvent avoir des idées et les réviser, et déterminer s'ils doivent mener d'autres recherches, ce qui peut déboucher sur une solution différente du plan original.

• Faire l'essai du prototype en fonction des critères préétablis

Les élèves font l'essai du prototype en se servant des critères d'évaluation établis au préalable. Ils choisissent et utilisent les outils et instruments appropriés pour effectuer un essai non biaisé et qui peut être reproduit. Les élèves utilisent des estimations et des mesures précises et inscrivent leurs observations et résultats. Souvent, il faut leur rappeler de tenir compte de *tous* les critères établis dans leur prototype.

6. Observation, mesure et consignation des résultats

Les élèves choisissent et appliquent des méthodes et outils appropriés pour la collecte de données ou d'informations. Ils font des estimations et prennent des mesures précises à l'aide des unités SI (Système international) et d'autres unités standard. Ils doivent pouvoir lire les instruments correctement et expliquer comment les mesures et les calculs ont été réalisés.

- **Recueillir les données**

L'enseignant peut montrer la façon d'effectuer des observations durant la collecte des données. Les élèves doivent se concentrer sur la technique et la précision quand ils réalisent un prototype opérationnel. Pour démontrer la méthode d'observation, l'enseignant peut poser les questions suivantes :

- Qu'est-ce que chaque point sur la ...(courbe)... représente?
- Avez-vous fait une estimation d'après une procédure dont nous avons démontré l'efficacité...?
- Est-ce que vous obtiendriez la même mesure (ou valeur) si ...?

- **Consigner, organiser et présenter les données**

Avant de commencer l'expérience, les élèves déterminent ce qui doit être mesuré et construisent un tableau approprié pour consigner les données. L'enseignant suggère et montre des façons logiques et valables d'organiser et de présenter les données. Les élèves disposent les données de façon à dégager des profils ou des relations entre les variables, ou à préciser les résultats. Ils consignent, organisent et présentent les observations et données suivant un format approprié, y compris des énumérations, diagrammes, notes télégraphiques, tableaux, listes, chiffriers électroniques, graphiques et statistiques de fréquence.

7. Analyse et interprétation des résultats du concept

Durant l'analyse et l'interprétation du processus de design, les élèves :

- déterminent les profils récurrents et les relations à partir des résultats;
- indiquent les problèmes vécus avec le prototype et suggèrent des améliorations;
- fournissent les motifs justifiant les changements nécessaires;
- évaluent les forces et les faiblesses de leur étude;
- évaluent d'un œil critique leurs propres produits et systèmes et ceux des autres, en particulier du point de vue esthétique, du caractère approprié, de la qualité, de l'utilisation des ressources, de la performance des matériaux, des méthodes de production et des aspects économiques et sociaux.

8. Conclusion et application

Au stade de la conclusion et de l'application du processus de design, les élèves proposent et justifient une solution, cernent les nouveaux problèmes et réfléchissent à leurs connaissances et expériences antérieures. Ils présentent une évaluation de leur produit et de ceux des autres, commentant la relation entre les matériaux choisis et les procédures et processus utilisés, formulent des suggestions d'améliorations possibles et justifient ces propositions, commentent l'aspect durabilité du produit pour la fabrication, et estiment les effets et les coûts, y compris les considérations environnementales et économiques.

- **Communiquer l'information sur les méthodes et les résultats**

Les élèves communiquent les méthodes, les résultats, les conclusions et les nouvelles connaissances acquises sous une forme adaptée aux destinataires ciblés.

- **Utiliser divers médias pour communiquer les résultats**

Les élèves peuvent présenter leurs résultats de diverses façons.

Exemples de médias pour communiquer les résultats

- **rapport de laboratoire formel**
- **article scientifique**
- **présentation/exposé**
 - o effets multimédias
- **représentations visuelles**
 - o babillard
 - o bande dessinée
 - o organigrammes
 - o schéma conceptuel
 - o démonstration
 - o diaporama
 - o graphique
 - o cartes
 - o maquettes/modèles réduits
 - o annonces dans un journal/magazine/revue
 - o affiches
 - o publicité à la radio
 - o publicité télévisée
 - o vidéos
- **Liens avec la collectivité**
 - o L'enseignant peut inviter des membres de la collectivité à venir partager leurs connaissances en résolution de problèmes technologiques avec la classe. Les élèves peuvent aussi interroger des membres de la collectivité dans leur foyer ou à leur travail au sujet d'un problème qu'ils se sont appliqués à résoudre.
 - o Organiser des excursions à des installations qui montrent clairement comment des solutions à certains problèmes découlent souvent de la mise au point de nouveaux procédés ou technologies. Par exemple, certaines usines de papier fait de fibres recyclées ont une expertise unique dans le désencrage des fibres de papier qui ont passé à la xérophographie, soit l'application d'un film de carbone fixé par la chaleur.
- **Rédaction d'un journal/carnet scientifique**
 - o Cadre de comparaison (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 10.24*)
 - o Cadre de concept (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 11.36*)
 - o Schéma conceptuel (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 11.14*)
 - o Cadre de sommaire de concept (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 11.37*)
 - o Analyse d'articles de nature factuelle ou d'articles qui traitent d'une question ou d'un problème (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 11.40, 11.41*)
 - o Rédaction PPPST (personnage, public, présentation, sujet, ton) (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 13.23*)
 - o Réflexion et réponse à une question
 - o Cycle de mots (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 10.21*)
 - o Glossaire

• **Démonstration du fonctionnement du prototype**

Stratégies d'évaluation suggérées

Les résultats d'apprentissage visés dans l'application du processus de design, comme d'autres aspects du programme d'études, sont évalués du point de vue de l'acquisition de connaissances, d'habiletés et de comportements. Diverses techniques peuvent être appliquées pour évaluer la performance d'une tâche liée au design, y compris l'observation par l'enseignant, le questionnement et le journal ou carnet d'apprentissage de l'élève.

Il importe que l'évaluation soit axée sur la démonstration d'un apprentissage réalisé tout au long du processus de design. De même, l'évaluation de la solution ne doit pas porter sur le seul fait que cette solution fonctionne ou pas, mais plutôt sur le degré d'efficacité à résoudre le problème original. Considérant la nature séquentielle et récurrente du processus de design, l'auto-évaluation des élèves et l'évaluation par les pairs se font en continu. Le processus de design offre aussi l'occasion d'une évaluation formative, où l'enseignant peut planifier la prochaine étape d'enseignement et d'apprentissage.

À l'étape d'évaluation du processus de design, l'accent est placé sur les aspects positifs de la solution. Au moyen de questions d'approfondissement non dirigées, l'enseignant peut susciter une réflexion plus poussée sur les améliorations possibles à la solution afin d'aider les élèves à mieux comprendre les concepts scientifiques liés à la tâche de design. Cette approche fournit également des indications sur le niveau d'atteinte des résultats d'apprentissage par les élèves. Les carnets de design, les démonstrations, les exposés oraux utilisant des aides visuelles, et les présentations multimédias peuvent renseigner sur l'apprentissage des élèves à chaque étape du processus de design et faciliter l'évaluation de leur apprentissage.

On trouvera ci-dessous une courte liste de techniques d'évaluation pouvant servir dans le contexte du processus de design.

- **Grilles d'évaluation/Listes de contrôle**
 - Élaboration de grilles d'évaluation en sciences (voir l'annexe 8)
 - Grilles d'évaluation (voir l'annexe 9)
- **Présentations visuelles**
- **Rédaction d'un journal/carnet**
 - Rédaction d'un journal/carnet et évaluation (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 13.21)
 - Cycle de mots (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 10.21)
- **Rapports de recherche/présentations**
- **Évaluation de la performance**
- **Tâches avec crayon et papier**
 - Cadre de comparaison (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 10.24)
 - Cadre de rapport entre concepts (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 11.20, 11.35)
 - Analyse d'articles de nature factuelle ou d'articles qui traitent d'une question ou d'un problème (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 11.40, 11.41)
 - Cycle de mots (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 10.21)

RAS C3 : démontrer des habiletés de prise de décisions et des attitudes appropriées lorsqu'elle ou il adopte un plan d'action fondé sur le l'information scientifique et technologique;

RAS C4 : utiliser des habiletés de communication efficaces et une variété de ressources afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques;

RAS C5 : Travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui.

Suggestions d'enseignement

Enjeux STSE (sciences, technologie, société et environnement) et prise de décisions

Les élèves sont confrontés de plus en plus souvent à des questions qui nécessitent un traitement de l'information et une réflexion scientifique pour prendre des décisions éclairées. Lorsqu'ils en ont l'occasion, les élèves doivent pouvoir prendre une décision éclairée suivant une méthodologie rationnelle et scientifique. Comme les élèves ont vécu des expériences différentes et ont des intérêts divers, ils ne peuvent voir le même problème selon la même perspective. Il est essentiel que les éducateurs leur offrent des possibilités d'acquérir de l'expérience afin de maîtriser les habiletés nécessaires pour la prise de décisions éclairées.

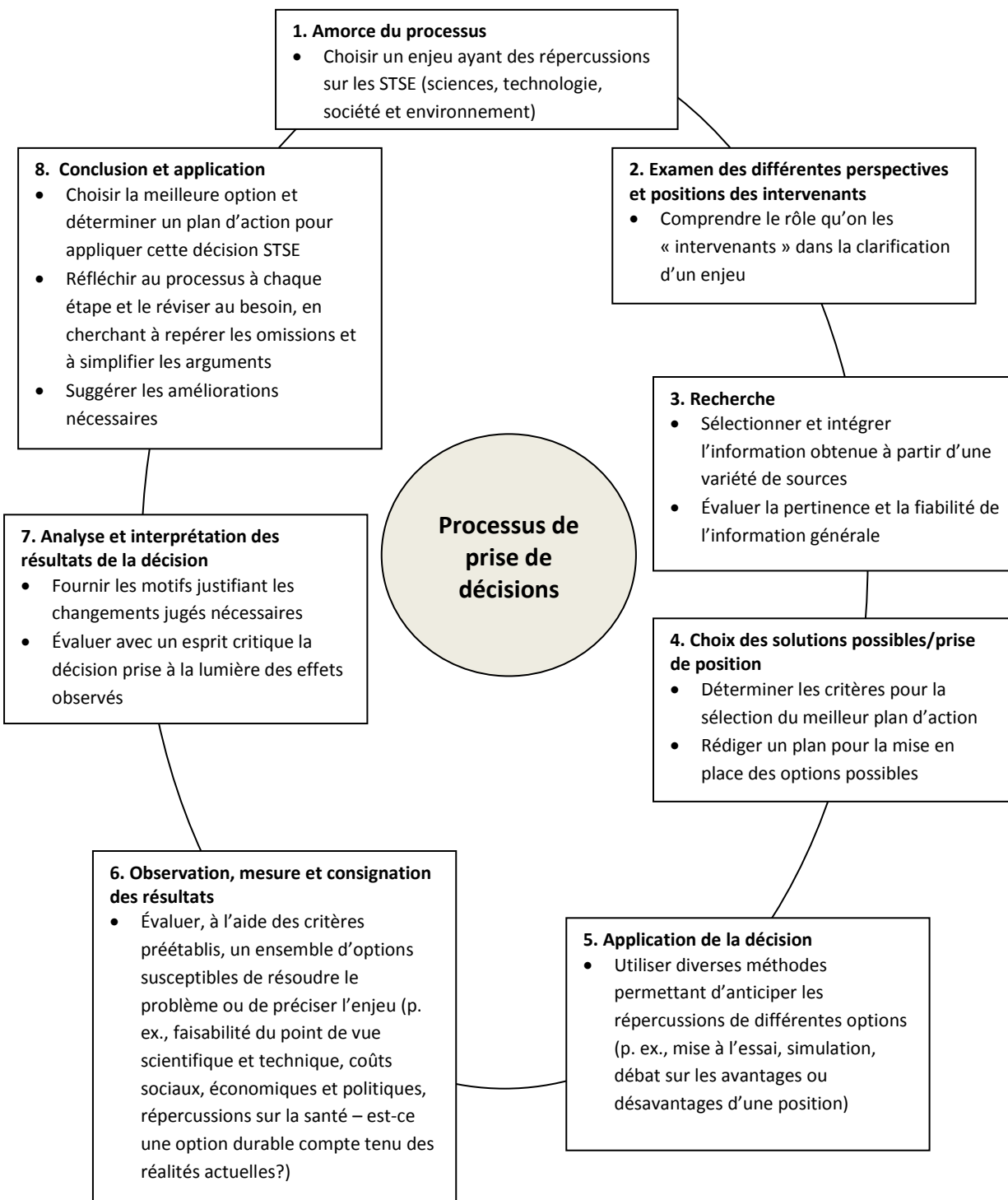
Les modèles traditionnels de prise de décisions sont axés sur des valeurs, des caractéristiques, des buts, des solutions de rechange et un « *raisonnement subjectif* ». Ce raisonnement comprend la collecte de données, l'analyse statistique et des modèles de recherche qui aident à l'évaluation de solutions de rechange possibles pour la prise d'une décision. Le raisonnement subjectif qui fait la relation entre les critères et les caractéristiques est effectué par la personne qui décide. Pour préciser les critères en faveur d'une marche à suivre particulière, les élèves doivent savoir pourquoi certains critères sont nécessaires. En bout de ligne, ce sont les caractéristiques du problème à résoudre qui dictent les critères à utiliser dans l'évaluation de la situation.

La compréhension des enjeux STSE représente une composante essentielle de la littératie scientifique. L'approche STSE favorise la formation de citoyens qui peuvent évaluer une information scientifique avec un esprit critique, comprendre les relations existant entre les sciences, la technologie, la société et l'environnement et prendre des décisions éclairées et responsables, en plus d'agir en conformité avec ces décisions. Les enjeux STSE sont souvent complexes, et il n'y a pas de « bonne réponse » convenant à toutes les situations. Ces enjeux suscitent souvent la controverse, car ils touchent des valeurs individuelles et collectives. De par leur nature même, les enjeux STSE génèrent des opinions divergentes : les individus doivent remettre en question les limites entre ce qui est bien ou mal, les coûts et les avantages, la justice et l'injustice, et déterminer en quoi consistent l'équité et la tolérance. Ces enjeux englobent des sujets sur lesquels des personnes raisonnables et sincères peuvent être en total désaccord. L'enseignant doit encourager les élèves à exercer leurs habiletés intellectuelles et éthiques dans leur étude des impacts sociaux et environnementaux des innovations scientifiques et technologiques (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 4.4-4.5).

Le processus de prise de décisions propose une approche pour analyser les enjeux STSE et faire un choix entre différentes lignes de conduite. Pour prendre une décision, éclairée, les élèves doivent comprendre les concepts scientifiques liés à l'enjeu et doivent être conscients des valeurs qui orientent une décision. Le processus peut comporter une série d'étapes distinctes, dont celles qui sont décrites dans les pages suivantes. On doit également reconnaître qu'il ne s'agit que d'une séquence possible d'actions — de nature plutôt concrète — qui se sont avérées utiles dans un contexte scolaire. L'enseignant devrait l'utiliser comme modèle initial vers des approches STSE plus sophistiquées avec les élèves de la 11^e année.

Le diagramme à la page suivante illustre les étapes du processus de prise de décisions : vers une réflexion sur les enjeux STSE.

Composantes du processus de prise de décisions



Le processus de prise de décisions comporte les étapes suivantes :

1. **Amorce** : Identifier et préciser l'enjeu.
2. **Examen des différentes perspectives et positions des intervenants** : Prendre conscience des différents intérêts et perspectives liés à l'enjeu.
3. **Recherche** : Évaluer avec un esprit critique les résultats de recherche disponibles.
4. **Choix d'options possibles/prise d'une position** : Déterminer les solutions de rechange ou positions possibles relativement à l'enjeu.
5. **Application de la décision** : Évaluer les répercussions possibles des différentes solutions ou positions relatives à l'enjeu.
6. **Observation, mesure et consignation des résultats** : Évaluer la faisabilité de la décision en tenant compte des critères préétablis.
7. **Analyse et interprétation des résultats de la décision** : Prendre une décision avisée et en fournir la justification. Être conscient des valeurs qui peuvent guider une décision.
8. **Conclusion et application** : Agir en fonction de la décision et réfléchir ensuite au processus qui a mené à ce plan d'action.

Les élèves se sont familiarisés avec le modèle de prise de décisions au cours de sciences de 9^e année. En 11^e année, dans un programme d'études tels que celui présenté dans les *Sujets d'actualité en sciences de la nature*, les élèves devraient être aptes à fonctionner dans des contextes élargis mais dont les thèmes restent de portée locale et sont personnalisés; ils peuvent examiner des problèmes complexes comportant un *petit nombre de variables* et/ou de perspectives, et prendre leurs décisions d'après des recherches approfondies mettant à contribution une certaine dose de jugement personnel supervisé. Si les élèves ne possèdent pas d'expérience avec le modèle de prise de décisions STSE, l'enseignant peut amorcer le processus en fournissant certaines consignes, donnant aux élèves la chance d'utiliser cette approche dans un environnement structuré. Pour ce faire, il peut leur remettre un scénario ou un enjeu précis à étudier. Les élèves prendront éventuellement une part active au processus en choisissant (individuellement, par petits groupes ou toute la classe ensemble) leurs propres enjeux, feront leur propre recherche, prendront leurs propres décisions et agiront en conséquence.

Le processus de prise de décisions peut être abordé selon diverses méthodes. Par exemple, les élèves peuvent jouer le rôle de différents intervenants concernés relativement à un enjeu, discuter de cet enjeu par petits groupes ou prendre une décision fondée sur leurs propres recherches et leurs idées personnelles. L'enseignant peut également demander aux élèves de prendre position et de débattre d'enjeux, ou les placer en des situations où ils doivent atteindre un consensus. Comme il existe tellement de façons différentes d'aborder un enjeu, le processus de prise de décisions peut donner lieu à divers produits ou événements culminants (par exemple, une assemblée publique du conseil municipal, une table ronde, une conférence, un débat, une étude de cas, un énoncé de position, une présentation en classe ou une discussion de classe).

Quel que soit le produit que les élèves doivent créer ou l'événement auquel ils doivent participer, on peut guider le processus de prise de décisions à l'aide de questions telles que les suivantes :

- Quel est l'enjeu?
- De quelle information scientifique importante ai-je besoin pour comprendre cet enjeu? Où puis-je trouver cette information?

- Qui a des intérêts relativement à cet enjeu? Pourquoi?
- Quelles sont les options possibles?
- Quels sont les arguments pour et contre chacune de ces options possibles?
- Quelle est ma décision? Quels critères m'ont servi à prendre cette décision?

Guide pour la prise de décisions STSE

L'enjeu	Énoncez l'enjeu en termes clairs.
La question menant à une décision	La formulation de la question est relativement importante car elle peut avoir une incidence sur la décision et les résultats ultimes.
Type de décision requise	Une question peut nécessiter la prise : <ul style="list-style-type: none"> • d'une décision de nature scientifique, technologique, juridique, politique ou morale; • d'une décision relative à une politique gouvernementale — qui prescrit les façons de gérer une situation d'intérêt pour l'ensemble de la collectivité.
Choix possibles	Indiquez les autres solutions possibles à mesure qu'elles font surface. Pour certaines décisions, il peut n'y avoir que deux options possibles (par exemple, <i>bâtir ou ne pas bâtir</i>), et d'autres en auront plusieurs.
Analyse des risques par rapport aux avantages	Pour chaque option, énumérez les conséquences négatives et positives du plan d'action.
Validité et probabilité	Vérifiez soigneusement la <i>validité</i> de vos arguments relatifs aux risques et aux avantages pour chaque option. <ul style="list-style-type: none"> • Vos conclusions sont-elles logiques? • Sont-elles fondées sur de fausses hypothèses? • Quelles sont les <i>probabilités</i> que vos conclusions s'avèrent dans les faits?
Valeurs assumées	Indiquez les valeurs sous-jacentes à chaque option. <ul style="list-style-type: none"> • Exemples de valeurs : création de richesse (argent) pour un pays, harmonie avec les écosystèmes naturels, souci de ne causer aucun dommage aux personnes, application des principes de justice, règle du droit et honnêteté des intentions. • Les valeurs que vous incluez ne correspondent pas nécessairement à vos propres valeurs personnelles, mais vous devez les trouver et les préciser. • Lorsque vous indiquerez vos valeurs, posez-vous la question suivante : Quels sont les éléments auxquels les gens attachent beaucoup de valeur s'ils choisissent l'option 1 au lieu de l'option 2?
Priorité des valeurs	Classez par ordre d'importance décroissante les valeurs qui ont été défendues.
Choix d'option(s) et motifs à l'appui	Évaluez les conséquences de l'option et la logique de votre raisonnement, le degré de probabilité et vos valeurs. Puis choisissez une option.
Plan d'action recommandé	Décidez des mesures qui doivent être prises, par qui et quand.

Enjeu :			
Question menant à une décision :			
Type de décision :			
Choix possibles	Analyse risques-avantages	Validité et probabilité	Valeurs assumées
Option 1	Conséquences négatives :		
	Conséquences positives :		
Option 2	Conséquences négatives :		
	Conséquences positives :		
Option 3	Conséquences négatives :		
	Conséquences positives :		
Option 4	Conséquences négatives :		
	Conséquences positives :		
Ordre de priorité des valeurs (par ordre décroissant d'importance) :			

--

Choix d'option(s) et motifs :

--

Mesure(s) recommandée(s) (lesquelles, par qui, quand) :

--

Attentes générales

Les élèves peuvent atteindre les résultats d'apprentissage établis grâce à des expériences d'apprentissage telles que les suivantes :

- Connaître que l'étude scientifique est un moyen de mieux comprendre la simplicité et la complexité des écosystèmes naturels, accepter ce fait et agir en conséquence.
- Faire preuve de curiosité, de scepticisme, de créativité, d'ouverture d'esprit, d'exactitude et de précision, d'honnêteté et de persévérance.
- Utiliser des données factuelles, des explications rationnelles et des arguments convaincants dans l'analyse, l'évaluation et la communication des résultats.
- Choisir et appliquer des modes de représentation appropriés (visuels, numériques, graphiques, symboliques et linguistiques) pour communiquer efficacement des idées, des plans et des résultats d'étude.
- Communiquer des questions, des idées et des intentions, et recevoir, interpréter, comprendre, confirmer ou réfuter les idées des autres, et y donner suite. (Par exemple, *Participer à une discussion en classe sur les preuves géologiques laissant penser que la position des continents a changé à la suite de mécanismes liés à la tectonique des plaques ou à l'expansion de la Terre.*)
- Choisir et intégrer l'information obtenue à partir de diverses sources imprimées, électroniques et multimédias; compiler et organiser l'information selon des formats appropriés et une méthode adéquate de traitement des données.
- Indiquer et appliquer des critères pour évaluer les données probantes et les sources d'information, y compris la présence d'erreurs systématiques.
- Travailler en coopération afin de planifier et de réaliser des études scientifiques, et d'élaborer de nouvelles idées et de les évaluer.
- Écouter les autres, évaluer leur travail et y donner suite, notamment du point de vue de la crédibilité et de l'exactitude de l'information présentée, ainsi que des erreurs systématiques possibles.

Activation

Niveau initial des connaissances

- Les élèves commencent à prendre des décisions à partir de données/faits scientifiques et améliorent leur habileté dans la prise de décisions à mesure qu'ils changent de niveau et acquièrent de plus en plus d'indépendance. Ils développent également des attitudes appropriées et se familiarisent avec la nature des sciences, acquérant d'autres habiletés liées à la recherche, à la communication, à l'usage des technologies de l'information et à l'apprentissage coopératif. Les élèves de niveau secondaire se rendent compte que les enjeux STSE nécessitent un traitement plus sophistiqué au cours du processus de prise de décisions.

Activités fondées sur les connaissances antérieures

- Par des activités et des stratégies d'apprentissage telles que les suivantes, l'enseignant et les élèves peuvent activer des connaissances antérieures, repérer les idées fausses et faire un lien entre les nouvelles informations et les expériences antérieures.
Exemples de stratégies (voir les annexes 2 et 3)
 - Guide d'anticipation
 - Tableau des connaissances

- SVA (je sais-je veux savoir-j'ai appris)
- Écoute-dssine-touve un partenaire-dscute
- LIEN
- Cadre de tri et de prédiction
- Chaîne de graffitis coopératifs

Activités pour la construction d'un vocabulaire

- Les activités et stratégies d'apprentissage telles que les suivantes permettent à l'enseignant d'aider les élèves à utiliser le vocabulaire qu'ils possèdent déjà ou à se préparer à apprendre de nouveaux termes afin de mieux comprendre les nouvelles notions.

Exemples de stratégies (voir l'annexe 3)

- Cadre de tri et de prédiction
- Approche tripartite

Activités d'acquisition et d'application

Jeu de rôles

Les scénarios de jeux de rôles visent à montrer certains processus sociaux qui régissent les relations humaines, comme la négociation, le marchandage, le compromis, et le développement de la sensibilité. Les jeux de rôles représentent un moyen efficace pour inciter les élèves à examiner les valeurs des autres et la façon dont ces valeurs orientent les décisions. Les élèves ne doivent pas toujours défendre uniquement les points de vue avec lesquels ils sont d'accord. Ils doivent se placer dans la position d'autres personnes, et défendre les idées à partir de cette perspective durant l'activité. Ils peuvent ainsi apprécier davantage les raisons qui font que des gens soutiennent des points de vue différents. Idéalement, les scénarios basés sur les jeux de rôles développent la pensée critique tout en favorisant la tolérance par rapport aux autres points de vue dans le monde (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 4.18).

- Les activités fondées sur les jeux de rôles peuvent porter sur bien des thèmes différents. Par exemple, une simulation d'assemblée publique du conseil municipal peut servir de plateforme pour discuter d'un dossier local tel qu'un projet de construction de condominiums près d'un parc municipal (voir les renseignements pour l'enseignant concernant la préparation d'activités au sujet d'une assemblée de conseil municipal).
- Les élèves peuvent aussi prendre part à des jeux de rôles où les intervenants doivent atteindre un consensus, par exemple, sous forme de table ronde ou de conférence internationale. Le format serait semblable à celui d'une assemblée du conseil municipal, sauf que tous les intervenants doivent parvenir à un consensus. L'enseignant explorera avec les élèves la signification du mot « consensus » et comment cette notion diffère d'autres formes de prise de décisions.

Le consensus est	Le consensus n'est pas
<ul style="list-style-type: none"> • basé sur la détermination d'un terrain d'entente; • atteint grâce à des compromis acceptables; • toujours une décision qui reflète les idées et les valeurs de tous les membres d'un groupe. 	<ul style="list-style-type: none"> • basé sur le principe de la majorité des voix; • atteint par l'acceptation des idées des participants qui s'expriment davantage; • toujours une décision qui représente le premier choix de toutes les personnes présentes.

Pour l'étude d'enjeux STSE, on peut adopter une approche de consensus fondée sur le modèle du développement durable, qui vise un consensus en trouvant un juste milieu entre les besoins liés à la santé et au bien-être humains, l'environnement et l'économie (voir Éducation et Formation professionnelle Manitoba, *L'éducation pour un avenir viable*, 14-16).

Assemblée du conseil municipal (renseignements pour l'enseignant)

1. Assigner à des groupes d'élèves les rôles de différents intervenants (p. ex., scientifiques, dirigeants de compagnies, promoteurs/développeurs, représentants de chambres de commerce, résidents/contribuables, agents de conservation, politiciens, avocats, environnementalistes) et leur laisser le temps de faire une recherche et de compiler des arguments. Les inviter à préparer un exposé de cinq minutes pour présenter leur position, ainsi que des notes pour les aider à répondre à des questions éventuelles.
2. Préparer un ordre du jour pour l'assemblée, indiquant l'ordre de présentation des différents groupes d'intervenants. En tant que modérateur de cette assemblée, veiller à ce que les élèves respectent le temps alloué pour présenter leur position et leur donner le temps de répondre aux questions après que chaque groupe aura fait sa présentation, ou après que tous les groupes auront fait leur exposé.
3. Accorder cinq minutes à chaque groupe d'intervenants pour présenter et défendre sa position.
4. Laisser aux intervenants la possibilité de poser des questions ou de faire des commentaires aux autres intervenants. Pour assurer la participation de tous les élèves, faire porter une partie de l'évaluation sur leur participation tout au long de l'assemblée.
5. Inviter les élèves à voter sur la proposition à la fin de l'assemblée (à main levée ou par vote secret). Ou encore donner la parole à un « conseil municipal », qui peut être un autre groupe d'élèves de la classe (qui rédigera un rapport présentant la recommandation et les impressions suscitées, mentionnant quels intervenants étaient crédibles et/ou lesquels ne l'étaient pas, et pourquoi) ou d'une autre classe, ou d'autres enseignants, des administrateurs ou des membres du personnel de soutien.

Pour obtenir des exemples de façons de procéder en classe, consulter les activités suggérées dans les annexes du présent document. Ces activités peuvent servir à l'étude de tout enjeu choisi par les élèves, ou comme activité dirigée en vue de démontrer le processus de prise de décisions avant que les élèves n'entament l'étude de leurs propres enjeux.

- Demander aux élèves pourquoi il est important que tous participent au jeu de rôles (c'est-à-dire que tous émettent leur opinion). Les inviter à répondre dans leur journal ou carnet scientifique à des questions telles que les suivantes :
 - Avais-tu l'impression que cette situation a pu se produire réellement?
 - Avais-tu l'impression que tu étais capable de bien jouer ton rôle?
 - Étais-tu d'accord ou en désaccord avec les points de vue exprimés par ton personnage?
 - Qu'est-ce que tu as aimé le plus et que tu as aimé le moins dans cette activité?
- Proposer aux élèves de présenter leur propre point de vue sur l'enjeu sous forme d'énoncé de position, de lettre à un éditeur, de bulletin de nouvelles, etc.

Ressources en ligne pour le jeu de rôles

Les sites Web ci-dessous proposent des idées de jeux de rôles :

ActionBioscience.org :

<http://www.actionbioscience.org/lessondirectory.html>

Approuvé par la National Association of Biology Teachers, ce site Web fournit aux élèves et aux enseignants des possibilités d'examiner le contenu scientifique dans un contexte d'article scientifique. Les leçons sont présentées de telle sorte qu'une interaction est possible entre le contenu de l'article et la matière qui doit être présentée en classe.

Australian Academy of Science. NOVA: Science in the News:

<http://www.science.org.au/nova/topics.htm>

Avec la grande variété de sujets et de leçons qu'il propose (mathématiques, physique, technologie, biosciences, santé humaine, environnement, etc.), ce site Web renferme des contextes actuels et intéressants pour les *Sujets d'actualité en sciences de la nature*, 11^e année pour des années à venir.

Kemlitz, Judith, Michael O'Hare et Dorothy Reardon. *"Rainforests of Madagascar: Role Playing and Decision Making."* Access Excellence @ the National Health Museum.

6 janvier 2006 http://www.accessexcellence.org/AE/AEPC/WWC/1991/rainforest_role.html

Avec cette approche Jigsaw concernant les forêts pluviales menacées de l'île de Madagascar, les élèves pourront mieux comprendre les habiletés et les différentes positions d'intervenants que l'on trouve souvent dans des dossiers controversés. Les résultats peuvent être généralisés et s'appliquer à bien des situations similaires touchant la dégradation de l'environnement.

Mills, Don. *"Darwin/Lamarck Court Case."* Access Excellence @ the National Health Museum. 6

janvier 2006 <http://www.accessexcellence.org/AE/ATG/data/released/0078-DonMills/>

Dans cet exercice pratique de jeu de rôles, des élèves défendent les positions respectives de Darwin et de Lamarck (qui n'étaient pas contemporains) dans une cour de justice. Ce format de débat est très prisé chez les enseignants, qui constatent les résultats d'une activité où l'on place un personnage hors de son siècle et on lui demande de défendre ses idées en face de collègues du « futur ».

Nelson, Sharon. *"Decisions, Decisions! A Genetics Role-Play Activity."* Access Excellence @ the National Health Museum. 6 janvier 2006

<http://www.accessexcellence.org/AE/ATG/data/released/0350-SharonNelson/>

Pour ce jeu de rôles, les élèves font appel à leurs habiletés en recherche pour se documenter sur un trouble génétique particulier et préparent ensuite une présentation devant la classe, abordant des considérations éthiques.

Énoncé de position

Un énoncé de position est un document écrit qui présente une opinion dans le but de convaincre les autres d'adopter ce point de vue. L'enseignant peut demander de rédiger un énoncé de position au lieu d'organiser un jeu de rôles, ou après avoir présenté ce jeu de rôles afin que les élèves défendent leur propre point de vue sur un enjeu donné. L'énoncé de position peut décrire un enjeu et les connaissances scientifiques qui s'y rattachent, les arguments et les preuves à l'appui des deux positions sur cet enjeu, les preuves contredisant les affirmations de la partie opposée, et le point de vue adopté ainsi que les motifs à l'appui.

On trouvera ci-dessous des détails concernant la rédaction d'un énoncé de position. Une partie importante de cet énoncé est le renvoi aux documents de référence et la citation des sources d'information. Les résultats d'apprentissage relatifs à la recherche et à la gestion de

l'information peuvent fournir des stratégies utiles pour l'enseignement et l'évaluation de ces habiletés.

Débat

Le débat est efficace pour présenter des opinions diamétralement opposées relativement à des enjeux STSE. Dans un débat formel, l'enseignant assigne une position aux équipes d'élèves, ou bien les équipes décident elles-mêmes de la position qu'elles adopteront. L'enseignant peut demander à une équipe de fournir les renseignements généraux nécessaires pour que l'auditoire comprenne de quoi il s'agit avant que le débat ne commence. Les présentateurs doivent réviser cette information avec les équipes avant le début des discussions.

Il y a bien des façons de présenter un débat en classe. En voici un exemple :

1. Dans un exposé initial, on présente le contexte général du débat pour que l'auditoire comprenne bien le sujet discuté (3 à 4 minutes).
2. Le premier débatteur à prendre la parole présente ses arguments d'introduction (2 à 3 minutes) et les appuie au moyen de preuves comme des statistiques ou des citations.
3. Le deuxième débatteur présente ses propres arguments d'introduction (2 à 3 minutes).
4. Le premier débatteur oppose des contre-preuves (1 à 2 minutes).
5. Le deuxième débatteur présente d'autres arguments pour défendre sa position (1 à 2 minutes).
6. Le deuxième oppose ses contre-preuves (1 à 2 minutes).
7. Le premier débatteur présente des arguments à l'appui (1 à 2 minutes).
8. Chacun présente ses déclarations finales (1 minute chacun).

Énoncé de position (renseignements généraux pour l'élève)

- **Choisis un enjeu comme thème de l'énoncé de position** : Un bon enjeu doit comporter un élément de controverse et donner lieu à au moins deux positions claires. Choisis un enjeu qui t'intéresse particulièrement et que tu peux traiter. Tu peux avoir déjà une opinion sur cet enjeu, mais tu devras te documenter sur le sujet pour élaborer tes arguments et présenter un point de vue objectif sur le point de vue opposé. Après avoir fait ta recherche, tu pourrais changer d'opinion au sujet de cet enjeu. La préparation d'une liste des arguments pour et contre et la compilation de preuves à l'appui de tes affirmations peuvent t'aider à préparer ton énoncé de position. N'oublie pas de citer les sources de toutes tes données.

Tu dois aussi tenir compte des destinataires de ton article. Tu dois les convaincre d'adopter ta position, alors il faut leur parler à un niveau de langage qu'ils comprendront. Par exemple, pour convaincre ton enseignant de ta position, il faudra utiliser un ton différent que pour un article destiné à convaincre tes amis.

- **Introduction** : Décrit l'enjeu et donne des renseignements généraux à son sujet. Quel est l'enjeu? Pourquoi cet enjeu est-il important? Quelles sont les répercussions possibles de cet enjeu? Tu peux décider de ne pas exprimer d'opinion pour ou contre cet enjeu (seulement le présenter et indiquer son importance), ou bien tu peux énoncer ta position sans présenter toutes les preuves à l'appui. Tu dois placer ton sujet en contexte, stimuler l'intérêt du lecteur concernant le sujet et ensuite présenter ton point de vue sur la question. La prochaine étape consiste à fournir certaines preuves à l'appui de ta déclaration.
- **Arguments** : Fournis les arguments à l'appui de ton point de vue sur l'enjeu. Tu dois fournir des preuves pour les arguments employés (faits, statistiques, témoignages faisant autorité). Ne mentionne pas tes opinions. Présente les données sans omettre de détails et en toute honnêteté et cite toujours tes sources. Tu peux faire des citations directes ou indirectes. N'oublie pas de consigner l'information sur les sources pour faire la bibliographie. Le lecteur de ton article doit savoir d'où viennent les preuves que tu présentes. Tu dois utiliser au moins trois sources d'information quand tu présentes tes arguments.
- **Position opposée** : Présente les arguments en faveur de la position opposée. Tu dois fournir des preuves à l'appui de tes arguments. Évite d'exprimer tes opinions. Utilise au moins trois sources d'information différentes quand tu présentes les arguments contre l'enjeu. Il vaut mieux choisir un ou deux arguments et ensuite les développer en profondeur.
- **Ta position** : Énonce ta position et ajoute les motifs à l'appui. C'est à ce stade que tu peux exprimer ce que tu penses réellement. Tu peux également faire référence à des faits, des opinions ou des données mentionnées dans les autres parties de ton énoncé de position.

Études de cas

Le recours à des études de cas a l'avantage de fournir aux élèves un niveau élevé de spécificité et de structure tout en leur laissant une grande latitude pour des commentaires.

Pour élaborer ou choisir des études de cas qui suscitent l'intérêt des élèves concernant le devoir assigné et leur donner le sentiment de participer à des situations authentiques, proches de la réalité, l'enseignant peut trouver utiles les suggestions ci-dessous.

- S'assurer que chaque devoir est *réaliste*; les élèves doivent avoir le sentiment qu'il s'agit d'une situation typique, un exemple possible d'une situation qu'ils pourraient rencontrer dans leur vie d'adulte.
- *Établir clairement le but* du devoir; ne jamais laisser les élèves avoir l'impression qu'un devoir est artificiel, que « ça ne se peut pas ».

- S'assurer que l'information générale est détaillée pour que les élèves aient une idée précise de la situation.
- *Faire travailler les élèves.* Plutôt que de leur présenter une information qu'ils n'auront qu'à transcrire, les laisser se débrouiller avec les chiffres, faire les recherches et prendre eux-mêmes une décision.
- Ajouter une touche théâtrale. *Susciter l'intérêt* en choisissant ou rédigeant des idées de devoirs qui se lisent comme de courtes anecdotes. Présenter un élément humain pour que les élèves s'identifient aux personnes dont ils doivent parler ou de qui ils auraient supposément obtenu l'information.
- Dans la mesure du possible, *utiliser le dialogue* ou choisir des études de cas qui renferment des dialogues plutôt que de simples descriptions narratives. Il est trop facile pour les élèves de copier des passages de narrations, mais ils peuvent difficilement copier un dialogue. Le dialogue est plus difficile à composer, et il prend plus d'espace sur des pages de devoir, mais il force les élèves à chercher et à extraire des faits pertinents.

Ressources en ligne pour les études de cas

Les sites Web ci-dessous présentent des études de cas ou des idées pour en composer.

Access Excellence @ the National Health Museum Activities Exchange. Access Excellence Activities Collection: <http://www.accessexcellence.org/AE/index.html>

Ce site Web renferme des archives complètes d'activités scolaires reliées aux sciences de la vie et à la physique. Il y a des idées intéressantes pour à peu près tout le monde, à condition de vouloir explorer les nombreux liens proposés.

Cal State Fullerton. Physics 301—Energy and the Environment. Energy and Environment Cases: <http://energy.fullerton.edu/case-ideas.html>

Ce site Web présente cinq études de cas relatives aux sources d'énergie et à l'environnement, notamment sur la perspective de véhicules mus à l'électricité seulement, le changement climatique, l'énergie thermique par opposition à l'énergie nucléaire. L'accent est placé sur la physique et le génie.

ETHEX (Exploratorium's Ethical Scenarios Forum)

Diving into the Gene Pool: <http://www.exploratorium.edu/genepool/ETHEX.html>

Ce site Web offre à l'enseignant trois scénarios d'études de cas traitant de l'éthique en sciences, principalement dans le domaine des tests génétiques, des aliments génétiquement modifiés et de possibles usages inappropriés de l'information concernant les manipulations génétiques.

Kennesaw State University. ChemCases: Decision Making and Technology:

<http://science.kennesaw.edu/~mhermes/chem.htm>

Ce site comprend une série de cas complémentaires au programme d'études devant servir à l'enseignement de la chimie générale avec l'accent placé sur les sciences et le génie. Chaque étude de cas présente des principes fondamentaux généralement abordés dans un programme d'études traditionnel en chimie générale, puis traite de la prise de décisions qui influent sur la mise au point de nouveaux produits de consommation, de produits agricoles et pharmaceutiques. Ces cas fournissent aux élèves l'occasion de réfléchir aux composantes du processus de la prise de décisions STSE dans le programme d'études du Manitoba.

The McGraw-Hill Companies. General and Human Biology. Bioethics Case Studies:

http://www.mhhe.com/biosci/genbio/olc_linkedcontent/bioethics_cases/

Ce site Web présente des liens avec un grand nombre d'études de cas différentes préparées pour des cours liés à la biologie humaine, p. ex., la recherche sur les cellules souches, les techniques de procréation artificielle *in utero*, la recherche sur des embryons, les enjeux liés aux sports, le VIH/SIDA, l'ostéoporose et bien d'autres encore.

National Center for Case Study Teaching in Science. Case Method Teaching:

<http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/cases/teaching/novel.html>

James B. Conant de l'Université de Harvard a été parmi les premiers éducateurs dans le domaine scientifique à utiliser des études de cas dans son enseignement comme moyen de placer le contenu scientifique *en contexte*. Pour l'enseignant intéressé à utiliser des techniques d'apprentissage basées sur la résolution de problèmes, ce site est une véritable mine d'informations et d'analyse du style d'enseignement et d'apprentissage par problèmes.

SCOPE (Science Controversies On-line Partnerships in Education). Genetically Modified Food:

<http://scope.educ.washington.edu/gmfood/>

L'introduction d'aliments génétiquement modifiés dans la chaîne alimentaire humaine a suscité beaucoup de débats publics, de discussions entre scientifiques et de couverture médiatique. Ce site Web offre des pages de FAQ (foire aux questions) et des liens Web sur la question des OGM (organismes génétiquement modifiés) dans notre alimentation.

University at Buffalo. The National Center for Case Study Teaching in Science Case Collection:

<http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/cases/ubcase.htm>

Dans ce site Web, on trouve de nombreux exemples d'études de cas dans le domaine scientifique élaborées par des enseignants pour des enseignants. Les droits d'auteur touchant la plupart de ces cas sont détenus par le National Center for Case Study Teaching in Science. Cet organisme encourage les enseignants à utiliser ses études de cas à des fins d'éducation et sans but lucratif. L'enseignant qui prévoit utiliser les cas de ce site Web dans sa classe à cette seule fin n'est pas tenu de communiquer avec le National Center for Case Study Teaching in Science pour en obtenir l'autorisation. Cependant, il est impératif d'obtenir cette autorisation si l'on veut reproduire sous forme imprimée des cas de cette collection (comme dans des notes de cours) ou pour toute nouvelle publication dans un site Web. L'enseignant devra alors *s'enregistrer* à partir d'une adresse courriel valide pour obtenir un mot de passe afin de pouvoir accéder aux fichiers et les télécharger. Il est possible également de soumettre des cas à cette organisation par téléchargement dans son site Web.

University of Delaware. Problem-Based Learning (PBL) Clearinghouse:

<https://chico.nss.udel.edu/Pbl/index.jsp>

Ce site Web, où l'enseignant doit entrer un nom d'utilisateur et un mot de passe, est consacré à l'apprentissage basé sur la résolution de problèmes, un modèle qui a fait ses preuves au cours des dernières années chez les éducateurs. Le PBL Clearinghouse offre une collection de problèmes et d'articles pour aider les éducateurs à utiliser le mode d'apprentissage par problèmes. Ces problèmes et articles sont soumis à des experts aux fins de révision dans les contextes scientifiques appropriés. Chaque problème est accompagné de notes d'enseignement et de matériel complémentaire, fournissant des idées et des stratégies novatrices mises à l'essai en salle de classe. L'accès à la collection de PBL Clearinghouse est limité aux éducateurs qui *s'enregistrent en direct par Internet*, mais le matériel est fourni gratuitement, et il n'y a aucune obligation imposée sauf qu'il faut limiter l'usage du matériel à la salle de classe seulement.

Stratégies d'évaluation suggérées

Jeu de rôles

Pour évaluer les activités de jeux de rôles, utiliser une grille d'évaluation pour les présentations en classe, ou encore l'évaluation par les pairs. Les critères devraient être déterminés avec les élèves, notamment sur le contenu et la présentation, par exemple :

- La position est définie clairement.
- Des preuves sont présentées à l'appui des arguments.
- Les réponses aux questions sont claires et correspondent à la position prise par l'intervenant.
- La présentation est claire et bien structurée.
- La position de l'intervenant est représentée avec justesse.
- La présentation n'est pas biaisée par des convictions personnelles.
- La langue et l'attitude sont appropriées.

Débat

- Utiliser une grille d'évaluation pour les débats (un exemple est présenté ci-dessous).
- Demander aux pairs d'évaluer les compétences de débatteurs de leurs camarades en fonction des critères élaborés au préalable avec la classe.

Énoncé de position

Utiliser la grille d'évaluation pour les énoncés de position. Les critères correspondant à l'activité devraient être élaborés avec les élèves et inclure des éléments tels que les suivants :

- La position est définie clairement.
- La compréhension des connaissances scientifiques entourant l'enjeu apparaît clairement.
- Des preuves sont présentées à l'appui des arguments.
- La position contraire est présentée et appuyée par des preuves.
- Des motifs sont invoqués pour justifier le désaccord avec l'autre position.
- L'énoncé est bien structuré et démontre clairement la compréhension de l'enjeu.
- La source des données et arguments provenant d'autres documents est citée correctement.
- Les renvois sont présentés sous le bon format.

L'enseignant peut demander aux élèves de présenter leur position à la classe. Une grille d'évaluation pour les présentations en classe peut être utilisée pour évaluer ce travail.

Grille d'évaluation pour les débats				
Critères	Exemplaire	Accompli	En développement	Débutant

	4	3	2	1
Organisation de l'énoncé de départ	Toujours centré sur le sujet	Généralement centré sur le sujet.	Parfois centré sur le sujet.	Dévie du sujet.
Utilisation de preuves pour appuyer ses affirmations	Fournit toujours des preuves de ses affirmations.	Fournit habituellement des preuves de ses affirmations.	Fournit parfois des preuves de ses affirmations.	Ne fournit pas de preuves de ses affirmations.
Persuasion	Les arguments sont clairs et convaincants.	Les arguments sont généralement clairs et convaincants.	Les arguments sont parfois clairs et convaincants.	Les arguments ne sont pas clairs ni convaincants.
Travail d'équipe	Les membres de l'équipe sont toujours utilisés avec une égale efficacité.	Les membres de l'équipe sont habituellement utilisés avec une égale efficacité.	Les membres de l'équipe sont parfois utilisés avec une égale efficacité.	Les membres de l'équipe ne sont pas utilisés avec une égale efficacité.
Organisation de l'énoncé de conclusion	Répond toujours en utilisant des points touchant précisément le sujet.	Répond généralement en utilisant des points touchant précisément le sujet.	Répond parfois en utilisant des points touchant précisément le sujet.	Ne répond pas en utilisant des points touchant précisément le sujet.

Études de cas

Proposer aux élèves de faire ensemble un remue-méninges afin de déterminer quels critères doivent être utilisés pour évaluer les réponses aux questions dans une étude de cas. Ces critères devraient inclure les suivants :

- Répond clairement à la question.
- Répond en utilisant des preuves pour cerner les enjeux abordés dans la question.
- La réponse justifie le plan d'action suggéré en fournissant des preuves.

Grilles d'évaluation/Listes de contrôle

- Élaboration de grilles d'évaluation en sciences (voir l'annexe 8)
- Grilles d'évaluation (voir l'annexe 9)

Rédaction d'un journal/carnet scientifique

- Rédaction d'un journal et évaluation (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 13.21)
- Réflexion sur le débat (Quels éléments surprises ont été soulevés au cours du débat? Selon toi, y a-t-il une bonne ou une mauvaise réponse? Quels sont les faits validés qui ont été utilisés pour appuyer les arguments? Résume les arguments fournis par chaque équipe.)
- Cycle de mots (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, 10.21)

Évaluation de la performance/collaboration

L'évaluation des expériences d'apprentissage relativement aux habiletés acquises peut être axée sur la performance et la collaboration, et sur la compréhension démontrée par la capacité de l'élève à établir des liens entre ses observations et ses connaissances antérieures. L'enseignant devrait préciser à l'avance quelle sera l'orientation de l'évaluation. Par exemple, si l'enseignant demande aux élèves de démontrer leur compréhension du mouvement de substances à travers la membrane cellulaire, les points suivants pourraient être utiles :

- Fournir des diagrammes *non étiquetés* du transport actif, de la diffusion et de l'osmose et demander aux élèves :
 - d'identifier ce que représente chaque diagramme et d'expliquer le phénomène;
 - de comparer/distinguer le transport passif et le transport actif;
 - de dessiner un schéma conceptuel pour illustrer comment les substances entrent dans la cellule et en sortent;
 - d'expliquer pourquoi la capacité de réguler le mouvement des substances vers l'intérieur et vers l'extérieur de la cellule est importante (préciser que dans leur réponse, les élèves devraient mentionner les processus physiologiques et le concept d'homéostasie).

Tâches avec crayon et papier

- Cycle de mots (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 10.21*)
- Cadre de comparaison (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 10.24*)
- Cadre de rapports entre concepts (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 11.20, 11.35*)
- Analyse d'articles de nature factuelle ou d'articles qui traitent d'une question ou d'un problème (*L'enseignement des sciences de la nature au secondaire, 11.40, 11.41*)