



Physique Secondaire 3

Programme d'études :
document de mise
en œuvre

**Physique
Secondaire 3
Programme d'études :
document de mise en œuvre**

2003

Éducation et Jeunesse Manitoba

DONNÉES DE CATALOGAGE AVANT PUBLICATION

530.0712 Physique, secondaire 3 : programme d'études – document de mise en œuvre.

ISBN 0-7711-3115-1

1. Physique – Étude et enseignement (Secondaire) – Manitoba – Programmes d'études
I. Manitoba. Éducation et Jeunesse.

Dépôt légal – 3^e trimestre 2003
Bibliothèque nationale du Canada

Tous droits réservés © 2003, la Couronne du chef Manitoba représentée par le ministre de l'Éducation et de la Jeunesse. Division du Bureau de l'éducation française, 1181, avenue Portage, salle 509, Winnipeg (Manitoba) R3G 0T3, Canada (téléphone : (204) 945-6916 ou 1 800 282-8069 poste 6916; télécopieur : (204) 945-1625; courriel : bef@merlin.mb.ca).

Tous les efforts ont été faits pour mentionner aux lectrices et aux lecteurs les sources et pour respecter la *Loi sur le droit d'auteur*. Si, dans certains cas, des omissions ou des erreurs se sont produites, prière d'en aviser Éducation et Jeunesse Manitoba pour qu'elles soient rectifiées.

Dans le présent document, les termes de genre masculin sont parfois utilisés pour désigner les personnes englobant à la fois les femmes et les hommes; ces termes sont utilisés sans aucune discrimination et uniquement dans le but d'alléger le texte.

Par la présente, Éducation et Jeunesse Manitoba autorise toute personne à reproduire ce document ou certains extraits à des fins éducatives et non lucratives. Cette autorisation ne s'applique pas aux pages provenant d'une autre source.



REMERCIEMENTS

Éducation et Jeunesse Manitoba aimerait exprimer ses remerciements au Conseil des ministres de l'Éducation (Canada) et à tous les participantes et participants à l'élaboration du *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature M à 12* (1997) dont se sont inspirés les Cadres et les Documents de mise en œuvre manitobains en sciences de la nature.

Éducation et Jeunesse Manitoba remercie également les personnes suivantes qui ont contribué à l'élaboration et à la révision du programme d'études en physique au secondaire 3, y compris ce *Document de mise en œuvre*.

Élaboration et révision du *Document de mise en œuvre en sciences de la nature*

| | | |
|------------------------|---|--|
| Jeff Anderson | Enseignant | Collège Jeanne-Sauvé, Division scolaire Louis-Riel |
| Jean-Vianney Auclair | Directeur du projet | Bureau de l'éducation française, Éducation et Jeunesse Manitoba |
| Alphonse Bernard | Enseignant | Collège Louis-Riel, Division scolaire franco-manitobaine |
| Danièle Dubois-Jacques | Conseillère pédagogique en sciences de la nature | Bureau de l'éducation française, Éducation et Jeunesse Manitoba |
| Pierre Lemoine | Traducteur et réviseur (pigiste) | Saint-Vital (Manitoba) |
| Nicole Massé | Rédactrice de programmes d'études | Bureau de l'éducation française, Éducation et Jeunesse Manitoba |
| Don Metz | Professeur | Faculté d'éducation, Université de Winnipeg |
| Rodelyn Stoeber | Enseignante | Institut collégial Vincent Massey, Division scolaire Pembina Trails |



Élaboration des résultats d'apprentissage en sciences de la nature

| | | |
|------------------------|---|--|
| Jeff Anderson | Enseignant | Collège Jeanne-Sauvé, Division scolaire Louis-Riel |
| Alphonse Bernard | Enseignant | Collège Louis-Riel, Division scolaire franco-manitobaine |
| Steven Boyko | Enseignant | St. Boniface Diocesan High School, Catholic Schools Commission |
| Jason Braun | Enseignant | John Taylor Collegiate, Division scolaire Saint-James-Assiniboia |
| Danièle Dubois-Jacques | Conseillère pédagogique en sciences de la nature | Bureau de l'éducation française, Éducation et Jeunesse Manitoba |
| Elizabeth Kozoriz | Enseignante | Daniel MacIntyre Collegiate, Division scolaire Winnipeg |
| Don Metz | Professeur | Faculté d'éducation, Université de Winnipeg |
| John Murray | Conseiller pédagogique en sciences de la nature | Division des programmes scolaires, Éducation et Jeunesse Manitoba |
| Garry Myden | Enseignant | Institut collégial Hapnot, Division scolaire Flin Flon |
| Barry Panas | Enseignant | River East Collegiate, Division scolaire River East Transcona |
| Brian Reimer | Enseignant | Arthur Meighan Collegiate, Division scolaire Portage-la-Prairie |
| Rodelyn Stoeber | Enseignante | Institut collégial Vincent Massey, Division scolaire Pembina Trails |



Équipe technique pour le *Document de mise en œuvre en sciences de la nature*

| | | |
|-----------------|--------------------------------------|--|
| Nadine Gosselin | Opératrice de traitement de texte | Bureau de l'éducation française, Éducation et Jeunesse Manitoba |
| David Lemay | Artiste (pigiste) | Saint-Boniface (Manitoba) |
| Barry Panas | Enseignant | River East Collegiate, Division scolaire River East Transcona |

Un merci particulier au personnel de la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) qui a aidé à la compilation des listes de ressources éducatives pour chacun des regroupements thématiques.



TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|------|
| INTRODUCTION GÉNÉRALE | 0.01 |
| 1. Les finalités de l'éducation | 0.02 |
| 2. La culture scientifique | 0.02 |
| 3. Les principes de base de la culture scientifique | 0.03 |
| La nature des sciences et de la technologie | 0.04 |
| Les sciences, la technologie, la société et l'environnement (STSE) | 0.06 |
| Les habiletés et les attitudes scientifiques et technologiques | 0.08 |
| Les connaissances scientifiques essentielles | 0.14 |
| Les concepts unificateurs | 0.15 |
| 4. Des considérations générales en sciences | 0.16 |
| La langue | 0.16 |
| Les sciences pour tous | 0.16 |
| L'éthique | 0.16 |
| La sécurité | 0.17 |
| 5. L'apprentissage | 0.18 |
| Des principes découlant de la psychologie cognitive | 0.18 |
| D'autres considérations liées à l'apprentissage | 0.18 |
| 6. L'enseignement | 0.19 |
| La démarche à trois temps | 0.19 |
| La promotion de la culture scientifique | 0.20 |
| Philosophie de l'enseignement de la physique | 0.22 |
| Les modes de représentation | 0.22 |
| 7. Les résultats d'apprentissage | 0.26 |
| Les résultats d'apprentissage généraux (RAG) | 0.26 |
| Les résultats d'apprentissage spécifiques (RAS) | 0.28 |
| Les précisions qui accompagnent les RAS | 0.30 |
| La codification des RAS | 0.30 |
| Mode d'emploi pour la lecture des RAS thématiques | 0.31 |
| Mode d'emploi pour la lecture des RAS transversaux | 0.31 |
| 8. L'organisation générale du document | 0.32 |
| Le contenu d'un module thématique | 0.32 |
| Les blocs d'enseignement | 0.33 |
| Les stratégies d'enseignement suggérées | 0.33 |
| Les stratégies d'évaluation suggérées | 0.33 |
| Mode d'emploi pour la lecture des stratégies suggérées | 0.34 |
| Les modalités d'évaluation | 0.36 |
| Les questions posées aux élèves | 0.38 |
| 9. La planification en sciences | 0.39 |
| 10. Bibliographie | 0.40 |
| MODULE THÉMATIQUE 1 : LES ONDES | 1.01 |
| MODULE THÉMATIQUE 2 : LA NATURE DE LA LUMIÈRE | 2.01 |
| MODULE THÉMATIQUE 3 : LA MÉCANIQUE | 3.01 |
| MODULE THÉMATIQUE 4 : LES CHAMPS | 4.01 |



INTRODUCTION GÉNÉRALE



1. LES FINALITÉS DE L'ÉDUCATION

L'éducation vise à préparer l'apprenante ou l'apprenant à devenir une citoyenne ou un citoyen autonome, engagé et responsable, en lui donnant une formation de qualité. Par conséquent, l'éducation doit favoriser le développement harmonieux de la personne dans ses dimensions intellectuelle, physique, affective, sociale, culturelle et morale.

L'éducation ne relève pas uniquement des institutions scolaires, c'est en fait une responsabilité que partagent l'école, la famille, les amis et la communauté. Bien entendu l'école demeure une des pierres angulaires du système éducatif, car c'est à elle que revient le rôle d'assurer une formation générale de base accessible à tous.

2. LA CULTURE SCIENTIFIQUE

Au début du XXI^e siècle, le champ des connaissances scientifiques continue de s'élargir et d'évoluer à un rythme accéléré. Personne ne peut prédire avec certitude quelles seront les nouvelles découvertes, inventions et technologies qui modifieront le mode de vie des sociétés canadienne et mondiale. Puisqu'il faut préparer nos enfants pour le monde de demain, il apparaît impératif de s'interroger sur quelle doit être leur formation de base en sciences de la nature.

Des éducatrices et éducateurs des quatre coins du pays ont tenté de répondre à cette question et à bien d'autres dans un document intitulé *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature M à 12*. Dans un premier temps, ces intervenants se sont d'abord accordés sur une vision pancanadienne de la culture scientifique :

Le Cadre commun des résultats d'apprentissage en sciences de la nature M à 12 s'inspire de la vision que tout élève du Canada, quels que soient son sexe et son origine culturelle, aura la possibilité de développer une culture scientifique. Constituée d'un ensemble évolutif d'attitudes, d'habiletés et de connaissances en sciences, cette culture permet à l'élève de développer des aptitudes liées à la recherche scientifique, de résoudre des problèmes, de prendre des décisions, d'avoir le goût d'apprendre sa vie durant et de maintenir un sens d'émerveillement du monde qui l'entoure.

Diverses expériences d'apprentissage inspirées de ce *Cadre* fourniront à l'élève de multiples occasions d'explorer, d'analyser, d'évaluer, de synthétiser, d'apprécier et de comprendre les interactions entre les sciences, la technologie, la société et l'environnement, lesquelles auront des conséquences sur sa vie personnelle, sa carrière et son avenir. (Conseil des ministres de l'Éducation [Canada], 1997)

3. LES PRINCIPES DE BASE DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE AU MANITOBA

Le ministère de l'Éducation et de la Jeunesse partage la vision pancanadienne de la culture scientifique. Pour s'assurer que chaque élève est en mesure de s'approprier une certaine culture scientifique, il importe de proposer à l'élève diverses expériences d'apprentissage structurées et non structurées qui intègrent les aspects essentiels des sciences et de ses applications. Ces aspects essentiels constituent les principes de base de la culture scientifique dont s'inspire le Ministère pour élaborer ses programmes d'études en sciences de la nature. Au Manitoba, cinq principes de base, issus du *Cadre commun des résultats d'apprentissage en sciences de la nature M à 12* et adaptés afin de mieux répondre aux besoins des élèves, servent à articuler l'orientation des programmes d'études en sciences de la nature (voir la figure 1).

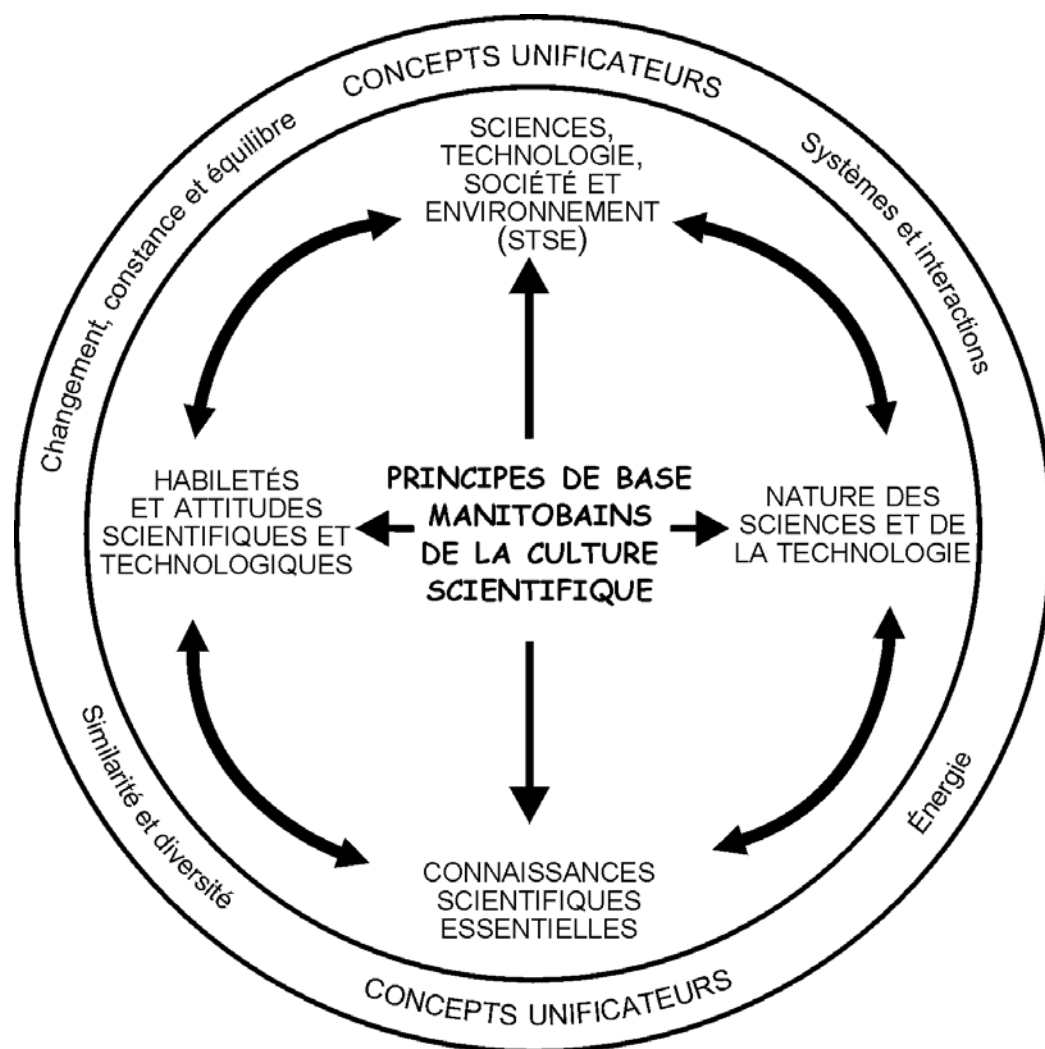


Fig. 1 – Principes de base manitobains de la culture scientifique.

La nature des sciences et de la technologie

Les sciences et la technologie constituent une sphère d'activités humaines et sociales unique ayant une longue histoire tissée par de nombreux hommes et femmes issus de sociétés diverses.

Les **sciences** constituent une façon de connaître l'Univers et de répondre à des questions sur les phénomènes qui nous entourent. Cette interrogation repose sur la curiosité, la créativité, l'imagination, l'intuition, l'exploration, l'observation, la capacité de reproduire des expériences, l'interprétation des données et les débats qui en découlent. L'activité scientifique comprend la prédiction, l'interprétation et l'explication de phénomènes naturels et de conception humaine. Bon nombre de personnes expertes en histoire, en sociologie et en philosophie des sciences affirment qu'il y a plus d'une méthode permettant de mener une étude scientifique. Elles croient que les sciences reposent sur un ensemble de théories, de connaissances, d'observations, d'expériences, d'intuitions et de processus ancrés dans le monde physique.

Les connaissances et les théories scientifiques sont constamment mises à l'épreuve, modifiées et perfectionnées au fur et à mesure que de nouvelles connaissances et théories les précisent. À travers l'histoire, plusieurs intervenants d'origines et de formations diverses ont débattu chaque observation nouvelle et chaque hypothèse, remettant ainsi en question des connaissances scientifiques jusqu'alors acceptées. Ce débat scientifique se poursuit encore aujourd'hui, selon un jeu très élaboré de discussions théoriques, d'expériences, de pressions sociales, culturelles, économiques et politiques, d'opinions personnelles et de besoins de reconnaissance et d'acceptation par des pairs. L'élève se rendra compte que bien qu'il puisse y avoir des changements majeurs dans notre compréhension du monde lors de découvertes scientifiques révolutionnaires, une grande partie de cette compréhension est plutôt le fruit de l'accumulation constante et progressive de connaissances.

La **technologie** se préoccupe principalement de proposer des solutions à des problèmes soulevés lorsque les humains cherchent à s'adapter à l'environnement. On peut considérer la technologie comme : un outil ou une machine; un procédé, un système, un environnement, une épistémologie, une éthique; l'application systématique de connaissances, de matériel, d'outils et d'aptitudes pour étendre les capacités humaines.

Il faut bien saisir que la technologie comprend beaucoup plus que les connaissances et les habiletés liées aux ordinateurs et aux applications informatiques. La technologie est une forme de savoir qui exploite les concepts et les habiletés des autres disciplines, y compris les sciences. Mais c'est aussi l'application de ces connaissances pour satisfaire un besoin ou pour résoudre un problème à l'aide de matériaux, d'énergie et d'outils de toutes sortes. La technologie a des répercussions sur les procédés et les systèmes, sur la société et sur la façon dont les gens pensent, perçoivent et définissent leur monde.

La figure 2 illustre comment les sciences et la technologie diffèrent dans leur but, leur procédé et leurs produits, bien qu'en même temps elles interagissent entre elles.

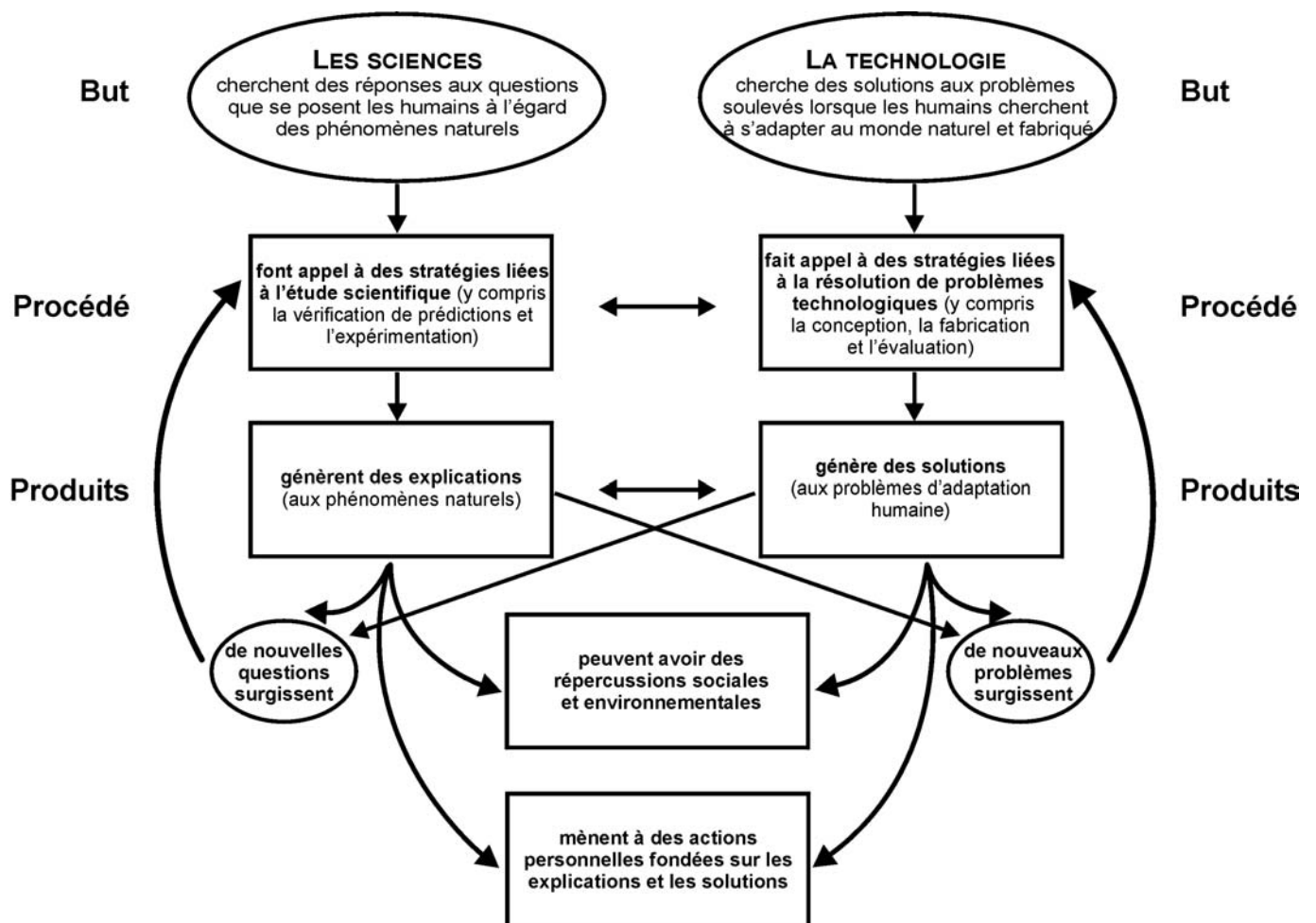


Fig. 2 – Les sciences et la technologie : Leur nature et leurs interactions.

Tiré de *Science and Technology Education for the Elementary Years : Frameworks for Curriculum and Instruction*, par Bybee, Rodger W., ©The Network, Inc. (adaptation autorisée).

Les sciences, la technologie, la société et l'environnement (STSE)

Une compréhension des interactions STSE est essentielle à la culture scientifique. En fait, en étudiant le contexte historique, l'élève en vient à apprécier comment les traditions culturelles et intellectuelles ont influencé les questions et les méthodologies scientifiques et comment, en retour, les sciences et la technologie ont influencé le domaine plus large des idées.

De nos jours, la majorité des scientifiques travaillent dans le secteur privé. Leurs projets sont plus souvent motivés par les besoins de l'entreprise et du milieu sectoriel que par la recherche pure. Pourtant, plusieurs solutions technologiques donnent lieu à des problèmes sociaux et environnementaux. L'élève, en tant que citoyenne ou citoyen de l'avenir, doit reconnaître le potentiel que représente la culture scientifique pour habiliter les personnes, les communautés et la société démocratique dans son ensemble à prendre des décisions.

Les connaissances scientifiques sont nécessaires, mais elles ne suffisent pas par elles-mêmes à faire comprendre les interactions entre les sciences, la technologie, la société et l'environnement. Pour saisir ces interactions, il est essentiel que l'élève comprenne les valeurs liées aux sciences, à la technologie, à la société et à l'environnement.

« Il n'existe pas de plus grande contribution ou d'élément plus essentiel pour les stratégies environnementales à long terme pour un développement durable, respectueux de l'environnement [...], que l'éducation des générations suivantes en matière d'environnement. »
(UNESCO, 1988)

Pour parvenir à cette culture scientifique, l'élève doit reconnaître l'importance du développement durable. Le développement durable est un modèle de prise de décisions qui considère les besoins des générations présentes et futures, et qui tient compte à la fois de l'environnement, de la santé et du bien-être humains, et de l'activité économique. Il vise un équilibre harmonieux entre ces trois sphères (voir la figure 3).

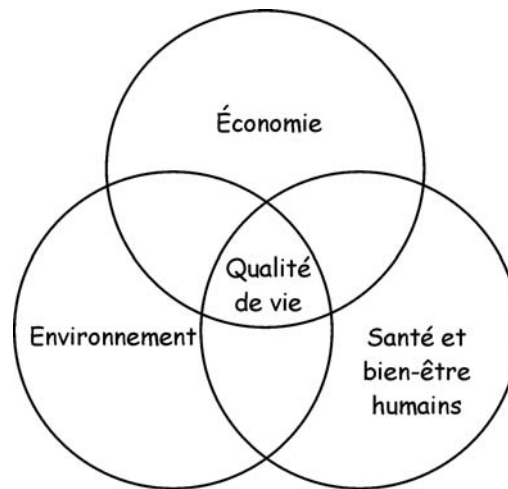


Fig. 3 – Le développement durable.

Au fur et à mesure que l'élève avance dans sa scolarité, elle ou il reconnaît et cerne diverses interactions STSE. L'élève applique ses habiletés de prise de décisions dans des contextes de plus en plus exigeants, tels qu'illustrés ci-après :

- **La complexité de la compréhension** – passer d'idées concrètes et simples à des concepts abstraits; passer d'une connaissance limitée des sciences à une connaissance plus profonde et plus large des sciences et du monde;
- **Les applications en contexte** – passer de contextes locaux et personnels à des contextes sociétaux et planétaires;
- **La considération de variables et de perspectives** – passer d'une ou de deux variables ou perspectives simples à un grand nombre à complexité croissante;
- **Le jugement critique** – passer de jugements simples sur le vrai ou le faux de quelque chose à des évaluations complexes;
- **La prise de décisions** – passer de décisions prises à partir de connaissances limitées et avec l'aide d'une enseignante ou d'un enseignant, à des décisions basées sur des recherches approfondies comportant un jugement personnel et prises de façon indépendante.

[Traduction] « Il est essentiel que le public se familiarise avec le concept du développement durable et ses pratiques dans le but de les comprendre. Si nous voulons changer notre style de vie, nous devons former les générations présentes et futures, et les munir des connaissances nécessaires pour assurer la mise en application du développement durable. »
(*Sustainability Manitoba*, 1994)

Les habiletés et les attitudes scientifiques et technologiques

Une culture qui découle d'une formation scientifique doit amener l'élève à répondre à des questions dans le cadre d'une étude scientifique, à résoudre des problèmes technologiques et à prendre des décisions (voir la figure 4). 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.

| | Étude scientifique | Résolution de problèmes technologiques (processus de design) | Prise de décisions |
|-------------------|--|--|---|
| But : | Satisfaire à sa curiosité à l'égard des événements et des phénomènes dans le monde naturel et fabriqué. | Composer avec la vie de tous les jours, les pratiques et les besoins des humains. | Identifier divers points de vue ou perspectives à partir de renseignements différents ou semblables. |
| Procédé : | Que savons-nous ? Que voulons-nous savoir ? | Comment pouvons-nous y arriver ? La solution fonctionnera-t-elle ? | Existe-t-il des solutions de rechange ou des conséquences ? Quel est le meilleur choix en ce moment ? |
| Produit : | Une compréhension des événements et des phénomènes dans le monde naturel et fabriqué. | Un moyen efficace d'accomplir une tâche ou de satisfaire à un besoin. | Une décision avisée compte tenu des circonstances. |
| | Question scientifique | Problème technologique | Enjeu STSE |
| Exemples : | Pourquoi mon café refroidit-il si vite ? <i>Une réponse possible :</i> L'énergie calorifique est transférée par conduction, convection et rayonnement. | Quel matériau permet de ralentir le refroidissement de mon café ? <i>Une solution possible :</i> Le polystyrène (tasse) ralentit le refroidissement des liquides chauds. | Devrions-nous choisir des tasses en polystyrène ou en verre pour notre réunion ? <i>Une décision possible :</i> La décision éventuelle doit tenir compte de ce que dit la recherche scientifique et technologique à ce sujet ainsi que des facteurs tels que la santé, l'environnement, et le coût et la disponibilité des matériaux. |

Fig. 4 – Les processus de la formation scientifique.

Adaptation autorisée par le ministre d'Alberta Learning de la province de l'Alberta (Canada), 2000.

- **Étude scientifique :** L'étude scientifique est une façon de comprendre un peu plus l'Univers. Elle exige la recherche d'explications de phénomènes. Il n'existe pas une seule méthode ni une seule séquence d'étapes à suivre pour réaliser une étude scientifique. C'est plutôt une approche systématique et critique qui caractérise l'ensemble du travail scientifique.

L'élève doit apprendre les habiletés fondamentales à l'étude scientifique, telles que le questionnement, l'observation, l'inférence, la prédiction, la mesure, l'hypothèse, la classification, la conception d'expériences, la collecte, l'analyse et l'interprétation de données; l'élève doit aussi développer des attitudes telles que la curiosité, le scepticisme et la créativité. Ces habiletés et attitudes sont souvent représentées comme un cycle qui comporte une phase de questionnement, la génération d'explications possibles et la collecte de données afin de déterminer l'explication la plus utile et la plus précise qui permettra de comprendre le phénomène à l'étude. En règle générale, de nouvelles questions peuvent surgir pour relancer le cycle (voir la figure 5).

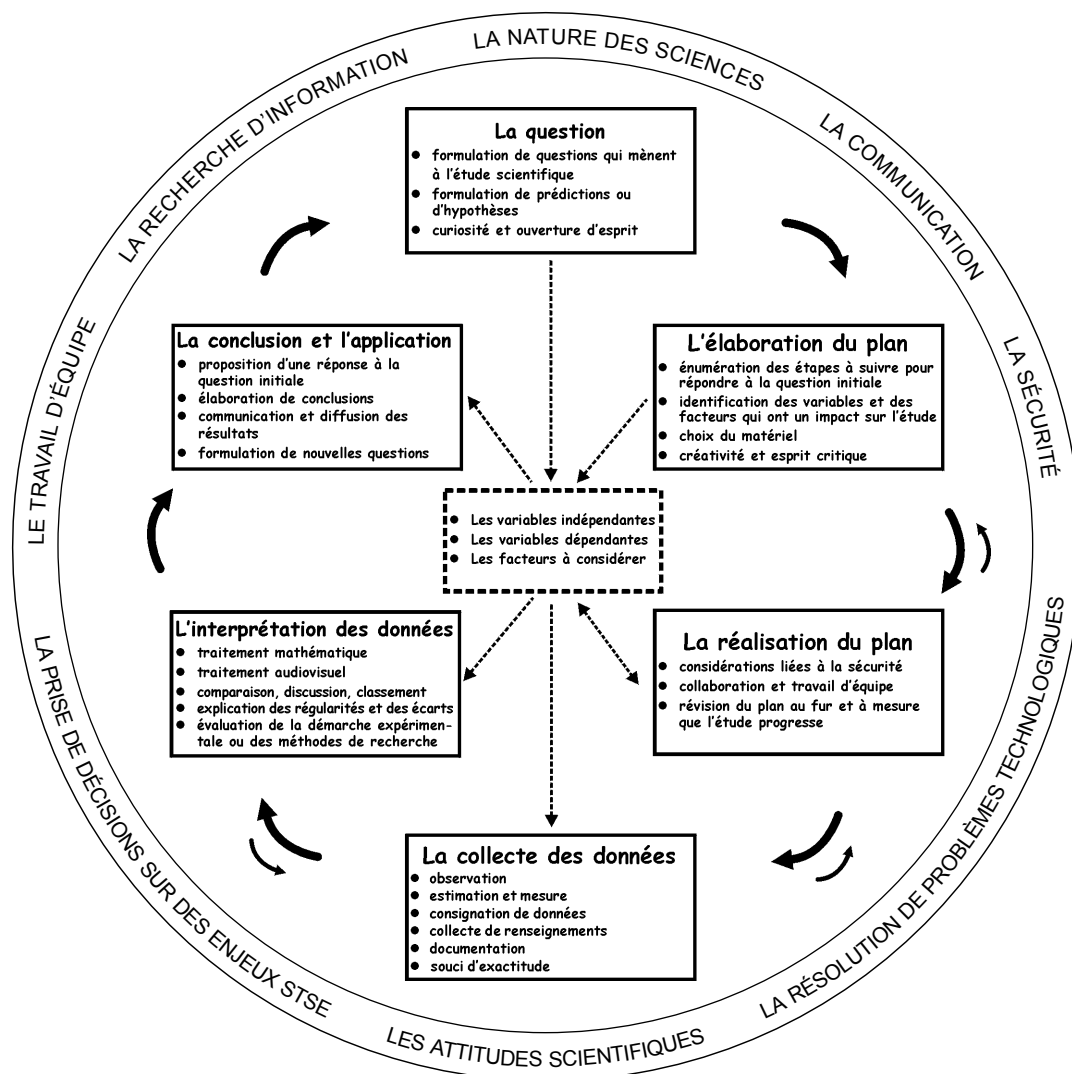


Fig. 5 – Étapes de l'étude scientifique (exploration, expérience, recherche).

- **Résolution de problèmes technologiques** : La résolution de problèmes technologiques amène l'élève à chercher des solutions aux problèmes qui surgissent lorsque les humains cherchent à s'adapter à l'environnement. De la maternelle à la 8^e année, les élèves développent les habiletés et les attitudes nécessaires à la résolution de problèmes par l'entremise d'un cycle appelé le processus de design.

Le processus de design peut lui-même se manifester sous deux variantes : la création d'un prototype et l'évaluation d'un produit ou d'un procédé. La création d'un prototype comprend diverses étapes telles que la conception d'un dispositif, d'un appareil, d'un système ou d'un procédé, la fabrication et la mise à l'essai, en vue d'obtenir une solution optimale à un problème donné. Parfois le processus de design doit faire abstraction de la fabrication même du prototype pour ne s'en tenir qu'à une représentation ou un modèle (voir la figure 6).

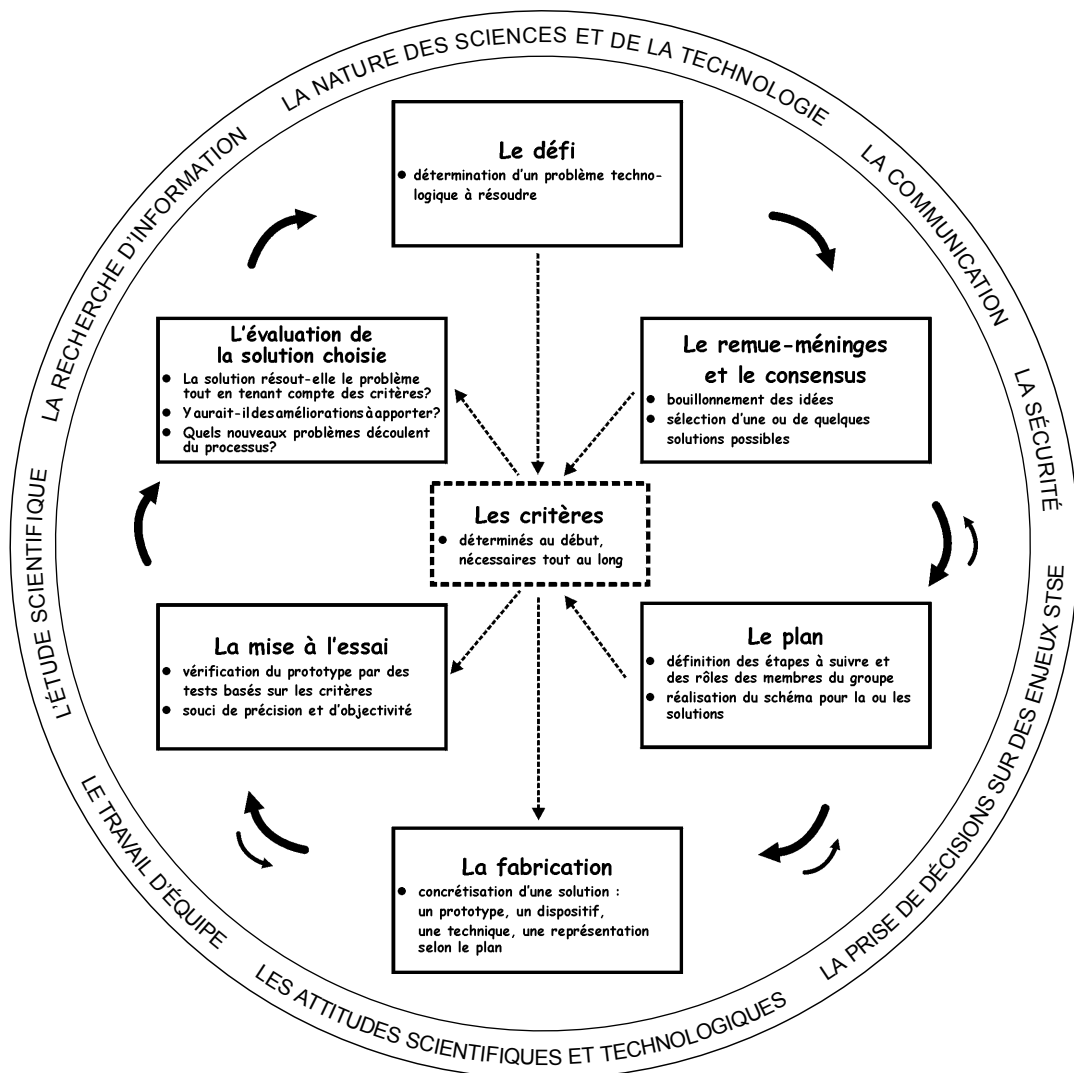


Fig. 6 – Étapes du processus de design. – Création d'un prototype.

L'évaluation d'un produit de consommation est une autre façon d'amorcer le processus de design en faisant abstraction de la fabrication : il s'agit alors d'évaluer ce que d'autres ont déjà produit (voir la figure 7).

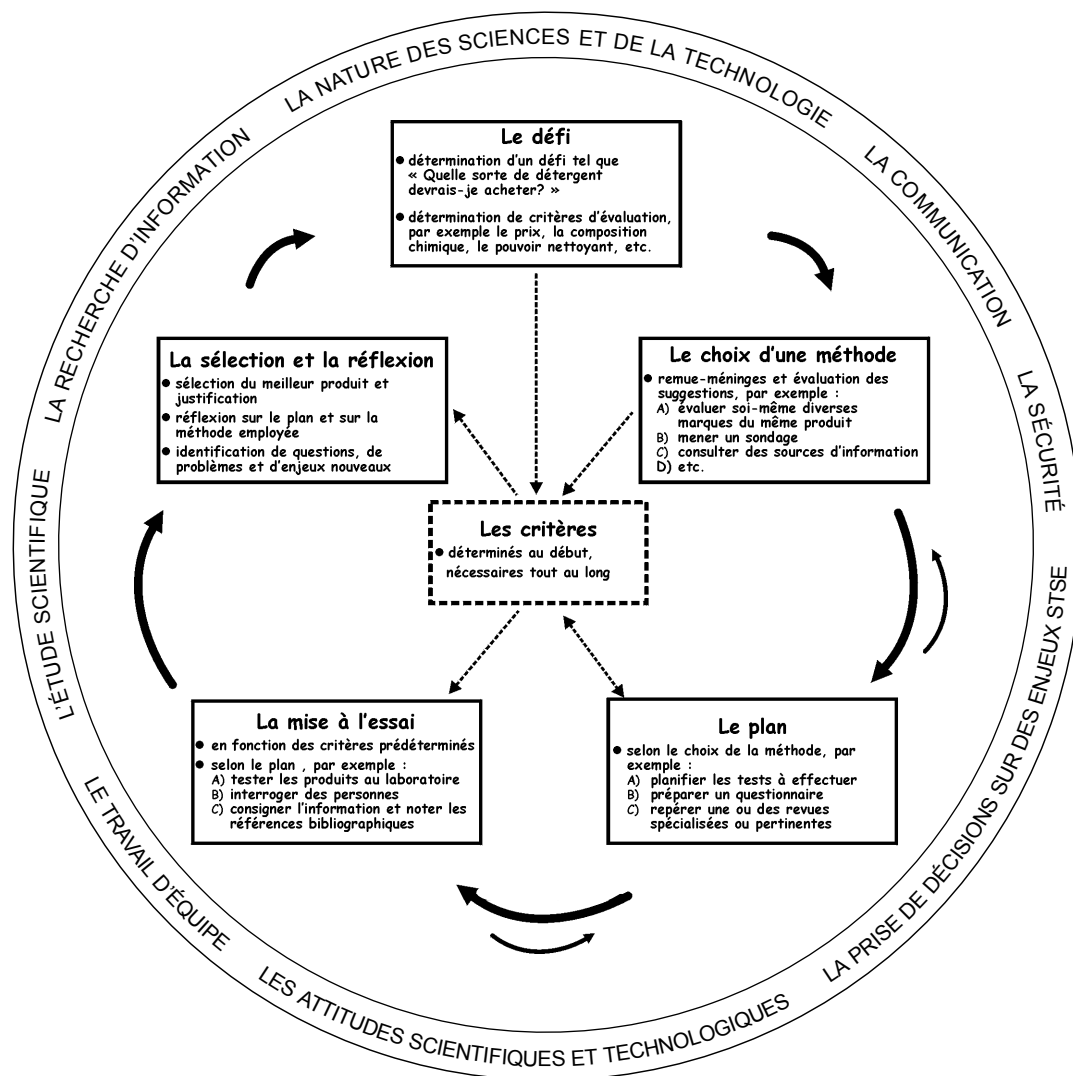


Fig. 7 – Étapes du processus de design – Évaluation d'un produit.

Le processus de design permet aux élèves de simuler en quelque sorte la résolution de problèmes technologiques qui se fait dans la vie de tous les jours, dans l'industrie et dans tout domaine scientifique ou technologique. La détermination de critères est cruciale dans ce genre d'activité, car les plans et les tests subséquents doivent refléter ces critères. À l'intérieur du processus de design figurent aussi une rétroaction flexible et une évaluation ultime du processus lui-même, afin de simuler davantage ce qui se passe lorsqu'on doit résoudre des problèmes technologiques réels. L'intention d'une activité de processus de design n'est pas d'avoir un groupe ou une idée gagnante; son but est plutôt de juger en faveur ou à l'encontre d'un ou de plusieurs prototypes, produits ou techniques selon divers critères préétablis.

Comme avec l'étude scientifique, le cycle du processus de design peut être relancé par des problèmes nouveaux issus d'un cycle précédent.

Au secondaire, les habiletés et les attitudes liées à la résolution de problèmes technologiques s'inscrivent implicitement dans le processus de prise de décisions.

- **Enjeux STSE et prise de décisions** : L'élève, personnellement et en tant que citoyenne ou citoyen du monde, doit être en mesure de prendre des décisions. De plus en plus, les types d'enjeux auxquels l'élève doit faire face exigent la capacité d'appliquer les processus et les produits scientifiques et technologiques dans une optique STSE. Le processus de prise de décisions comprend une série d'étapes dont la clarification d'un enjeu, l'évaluation critique de tous les renseignements disponibles, l'élaboration d'options en vue d'une décision, le choix de la meilleure décision parmi les options élaborées, l'examen des répercussions (possibles ou actuelles) d'une décision et une réflexion sur le processus lui-même (voir la figure 8).

Tout au long de sa formation en sciences, l'élève devrait prendre une part active dans des situations de prise de décisions. Celles-ci ne sont pas seulement importantes par elles-mêmes, mais elles fournissent également un contexte pertinent pour l'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et l'étude des interactions STSE. Au cours des années secondaires, les habiletés et les attitudes liées à la prise de décisions STSE sont explicitées.

- **Attitudes** : L'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et la prise de décisions dépendent toutes des attitudes. Ces attitudes ne s'acquièrent pas de la même façon que le sont les habiletés et les connaissances. Elles consistent en des aspects généralisés de conduite appris au moyen de l'exemple et renforcés par une rétroaction opportune. Les attitudes ne sont pas authentiques si l'on ne peut les observer que lorsque suggérées par l'enseignante ou l'enseignant. Elles sont plutôt mises en évidence par des manifestations non sollicitées au fil du temps. Le foyer, l'école, la communauté et la société en général jouent tous un rôle dans le développement continu des attitudes chez les élèves.

COMMENT ABORDER UN ENJEU STSE

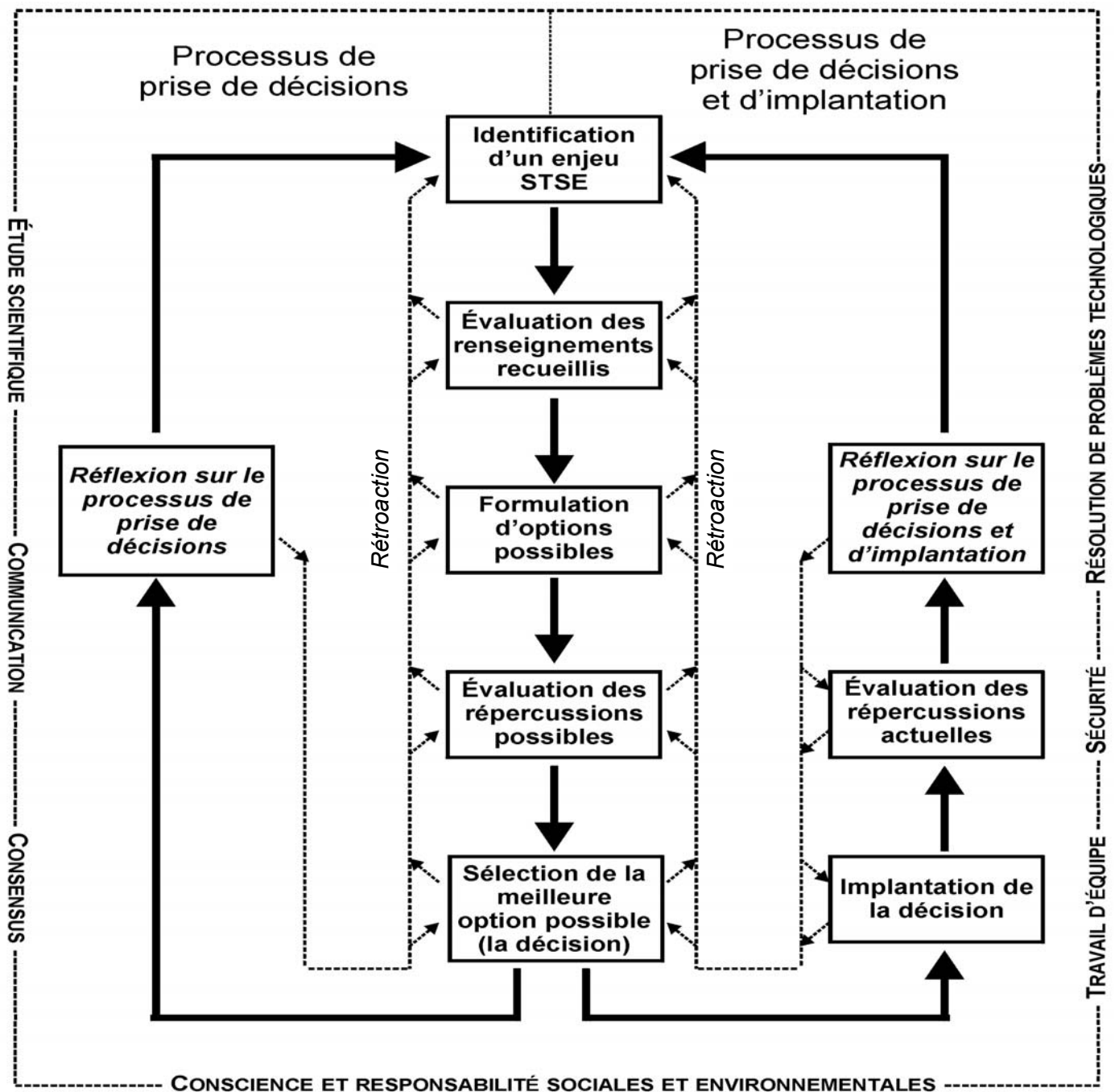


Fig. 8 – Étapes du processus de prise de décisions liées aux enjeux STSE.

Les connaissances scientifiques essentielles

Le contenu notionnel des sciences comprend notamment des théories, des modèles, des concepts, des principes et des faits essentiels à la compréhension des sciences de la vie, des sciences physiques et des sciences de la Terre et de l'espace.

- **Les sciences de la vie** se préoccupent de la croissance et des interactions des êtres vivants dans leur environnement, de façon à refléter leur caractère unique, leur diversité, leur continuité génétique et leur nature changeante. Les sciences de la vie comprennent l'étude des organismes (dont les humains), des écosystèmes, de la biodiversité, de la cellule, de la biochimie et de la biotechnologie.
- **Les sciences chimiques et physiques** se préoccupent de la matière, de l'énergie et des forces. La matière a une structure, et des interactions multiples existent entre ses composantes. L'énergie relie la matière aux forces gravitationnelle, électromagnétique et nucléaires de l'Univers. Les sciences physiques traitent des lois de la conservation de la masse et de l'énergie, de la quantité de mouvement et de la charge.
- **Les sciences de la Terre et de l'espace** fournissent à l'élève des perspectives mondiales et universelles sur ses connaissances. La Terre a une forme, une structure et des régularités de changement, tout comme le système solaire qui l'entoure et l'Univers physique au-delà de celui-ci. Les sciences de la Terre et de l'espace comprennent des domaines d'études comme la pédologie, la géologie, la météorologie, l'hydrologie et l'astronomie.

Évidemment, l'école ne prétend pas enseigner aux élèves toutes les connaissances scientifiques impliquées dans les enjeux et les débats auxquels ils participeront à titre de citoyennes et citoyens. Même les scientifiques eux-mêmes n'arrivent pas à cerner les connaissances requises pour saisir l'ampleur et la complexité des divers enjeux STSE, surtout en ce qui concerne les conséquences à long terme. Les élèves, qu'ils s'orientent vers une carrière scientifique ou non, ont tous besoin de connaissances scientifiques générales leur permettant de participer avec confiance aux discussions sur les enjeux dans la société à venir.

Les élèves doivent comprendre que les disciplines scientifiques ne sont pas distinctes les unes des autres, et qu'en réalité l'interdisciplinarité scientifique est la norme plutôt que l'exception. L'étude scientifique au sein d'une discipline permet d'approfondir certaines notions théoriques mais il ne faut pas que cet exercice crée chez l'élève la fausse impression qu'on peut, par exemple, faire de la biologie sans tenir compte de la chimie, ou encore faire de l'hydrologie sans toucher à la physique. Comme l'Univers n'est pas sectionné en disciplines scientifiques, l'élève doit se doter d'une culture scientifique qui intègre ses diverses connaissances en un tout cohérent.

Les concepts unificateurs

Les concepts unificateurs permettent d'établir des liens à l'intérieur des disciplines scientifiques et entre elles. Ce sont des idées clés qui sous-tendent et relient entre elles toutes les connaissances scientifiques. De plus, les concepts unificateurs s'étendent dans des disciplines telles que les mathématiques et les sciences humaines. Par conséquent, les concepts unificateurs aident l'élève à construire une compréhension plus globale des sciences et de leur rôle dans la société. Les quatre concepts unificateurs qui suivent ont servi à l'élaboration des programmes d'études manitobains en sciences de la nature.

- **Similarité et diversité** : Les concepts de similarité et de diversité fournissent des outils permettant d'organiser nos expériences avec le monde. En commençant par des expériences non structurées, l'élève apprend à reconnaître divers attributs d'objets, de substances, de matériaux, d'organismes et d'événements, ce qui lui permet de faire des distinctions utiles entre ces attributs et parmi eux. Au fur et à mesure que s'élargissent ses connaissances, l'élève apprend à se servir de procédures et de protocoles couramment acceptés pour décrire et classer des substances, des organismes et des événements, ce qui l'aide à mieux partager ses idées avec autrui et à réfléchir à ses expériences.
- **Systèmes et interactions** : Concevoir le tout en fonction de ses parties et, inversement, comprendre les parties en fonction du tout sont deux aspects importants de la compréhension et de l'interprétation du monde. Un système est un ensemble d'éléments qui interagissent les uns avec les autres; l'effet global de ces interactions est souvent plus grand que celui des parties individuelles du système, et cela même quand on additionne simplement l'effet de chacune des parties. L'élève a l'occasion d'étudier à la fois les systèmes naturels et technologiques.
- **Changement, constance et équilibre** : Les concepts de constance et de changement sous-tendent la plupart des connaissances sur le monde naturel et fabriqué. Grâce à l'observation, l'élève apprend que certains attributs d'objets, de substances, de matériaux, d'organismes et de systèmes demeurent constants au fil du temps, tandis que d'autres changent. Au cours de ses études scientifiques, l'élève apprend le déroulement de divers processus ainsi que les conditions nécessaires au changement, à la constance et à l'équilibre.
- **Énergie** : La notion d'énergie est un outil conceptuel qui rassemble plusieurs connaissances liées aux phénomènes naturels, aux objets, aux substances, aux matériaux et aux processus de changement. L'énergie - qu'elle soit transmise ou transformée - permet à la fois le mouvement et le changement. L'élève apprend à décrire l'énergie par ses effets et ses manifestations, et à acquérir au fil du temps un concept de l'énergie comme élément inhérent des interactions des substances, des fonctions vitales et du fonctionnement des systèmes.

4. DES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES EN SCIENCES

La langue

De par leur nature, les sciences constituent un terrain fertile à l'apprentissage d'une langue seconde ou de la langue maternelle. L'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et la prise de décisions STSE, par exemple, nécessitent des activités structurées, des interactions sociales et des réflexions abstraites faisant toutes appel à la communication orale ou écrite. Parallèlement, la langue est un outil indispensable à l'acquisition et à la transmission des savoirs scientifiques et technologiques. Enfin, les sciences sont en quelque sorte une langue, spécialisée certes, qui exige des mécanismes d'apprentissage semblables à ceux déployés pour l'acquisition d'une langue.

La qualité du français parlé et écrit à l'école est une responsabilité partagée par tous les enseignants et ne relève pas uniquement des enseignants de langue. Dans cette optique, les programmes d'études en sciences de la nature favorisent l'emploi d'un vocabulaire précis et d'un style propre aux sciences.

Les sciences pour tous

Les programmes d'études manitobains visent à promouvoir l'apprentissage des sciences et la possibilité d'une carrière scientifique ou technologique pour tout élève, fille ou garçon. Les sciences ne sont plus un domaine réservé aux hommes, et il faut encourager autant les filles que les garçons à élargir leurs intérêts et à développer leurs talents par l'entremise de situations et de défis captivants et pertinents pour tous.

Dans le même ordre d'idée, les sciences intéressent et appartiennent à l'humanité entière dans toute sa diversité, que ce soit au niveau culturel, économique, personnel ou physique. Il faut à la fois respecter et promouvoir la diversité humaine à l'origine même des sciences et de la technologie, et s'assurer que toute personne intéressée par les sciences et la technologie peut les étudier et réaliser son potentiel.

L'éthique

L'étude des concepts scientifiques peut mener les élèves comme les enseignants à discuter de questions d'éthique. Par exemple, les différents points de vue sur l'utilisation des terres peuvent donner lieu à des discussions sur un déséquilibre potentiel entre l'activité économique et le respect de l'environnement et des cultures. De même, une discussion sur l'utilisation médicale des tissus embryonnaires peut susciter des préoccupations religieuses ou morales.

En effet, nombreux sont les enjeux soulevés en classe de sciences qui comporteront des conséquences environnementales, sociales ou morales. Comme ces enjeux tirent leur origine de l'étude scientifique, l'enseignement devrait en tenir compte. Il faut préciser cependant que les sciences ne fournissent qu'une toile de fond permettant la prise de décisions personnelles et collectives plus éclairées. Il incombe de gérer les discussions avec sensibilité et sans détour.

Plus particulièrement, certains élèves et leurs parents exprimeront peut-être des préoccupations concernant la tendance évolutionniste en cours dans le domaine des sciences de la vie. Ils ont droit au respect de leurs convictions, tant de la part du système scolaire que des scientifiques. Néanmoins, les sciences représentent une façon (parmi d'autres) d'étudier l'Univers et l'humanité. Parfois l'enseignante ou l'enseignant choisira de discuter de points de vue autres que celui traditionnellement offert par les sciences dites « occidentales », mais comme ces points de vue ne relèvent pas des disciplines scientifiques, il n'incombe pas au cours de sciences d'en faire un traitement systématique.

L'éthique en classe de sciences doit aussi se manifester par le respect qu'ont les élèves et les enseignants à l'égard des personnes, de la société, des organismes vivants et de l'environnement. Ce respect doit être inculqué et encouragé lors d'activités telles que les excursions scolaires, l'observation d'un animal vivant, la dissection, la visite à un hôpital, etc. L'éthique en sciences doit se traduire aussi bien au niveau de la pratique que de la pensée et elle doit être à la fois rationnelle et sensible.

La sécurité

Au fur et à mesure de leur scolarisation, les élèves sont appelés à être de plus en plus responsables lors d'activités scientifiques. En effet, la sécurité est une composante essentielle de la culture scientifique. L'observation des élèves au cours d'une activité menée dans la classe ou lors d'une excursion scolaire permet à l'enseignante ou à l'enseignant de déceler s'ils manifestent les habiletés et les attitudes de sécurité requises. Le document d'appui *La sécurité en sciences de la nature* fournit de nombreuses précisions à ce sujet.

Généralement, les élèves du secondaire réalisent leurs expériences scientifiques ou observent une démonstration scientifique dans un laboratoire proprement dit. À mesure que les expériences ou les démonstrations faites en classes comportent un plus grand risque, l'enseignante ou l'enseignant doit s'assurer de disposer d'un local ou d'installations qui répondent aux exigences en matière de sécurité en sciences. Ces exigences sont décrites dans *La sécurité en sciences de la nature*.

Tout en exigeant un apprentissage en français de la sécurité en sciences, l'enseignante ou l'enseignant doit tenir compte des compétences langagières de chacun de ses élèves, et doit faire en sorte qu'aucun élève ne soit mis à risque simplement parce qu'elle ou il ne maîtrise pas suffisamment le français.

5. L'APPRENTISSAGE

Des principes découlant de la psychologie cognitive

L'apprentissage des sciences s'inscrit dans l'évolution personnelle de l'élève qui doit se responsabiliser graduellement face à la construction de ses savoirs scientifiques et à leur utilisation dans des contextes de plus en plus variés et complexes. Tout apprentissage est un cheminement dans lequel l'élève élargit progressivement son champ d'autonomie. Les recherches dans le domaine de la psychologie cognitive ont permis de dégager des principes d'apprentissage qui permettent de porter un regard nouveau sur les actes pédagogiques les plus susceptibles de favoriser l'acquisition, l'intégration et la réutilisation des connaissances.

- L'apprentissage est plus efficace et plus durable lorsque l'élève est actif dans la construction de son savoir : l'acquisition de connaissances ou l'intériorisation de l'information est un processus personnel et progressif qui exige une activité mentale continue.
- L'apprentissage est plus efficace lorsque l'élève réussit à établir des liens entre les nouvelles connaissances et les connaissances antérieures.
- L'organisation des connaissances en réseaux favorise chez l'élève l'intégration et la réutilisation fonctionnelle des connaissances : plus les connaissances sont organisées sous forme de schémas ou de réseaux, plus il est facile pour l'élève de les retenir et de les récupérer de sa mémoire.
- L'acquisition des stratégies cognitives (qui portent sur le traitement de l'information) et métacognitives (qui se caractérisent par une réflexion sur l'acte cognitif lui-même ou sur le processus d'apprentissage) permet à l'élève de réaliser le plus efficacement possible ses projets de communication et, plus globalement, son projet d'apprentissage.
- La motivation scolaire repose sur les perceptions qu'a l'élève de ses habiletés, de ses capacités d'apprentissage, de la valeur et des difficultés de la tâche et, enfin, de ses chances de réussite. La motivation scolaire détermine le niveau de son engagement, le degré de sa participation et la persévérance qu'elle ou il apportera à la tâche.

« Pour apprendre quelque chose aux gens, il faut mélanger ce qu'ils connaissent avec ce qu'ils ignorent. »
(Pablo Picasso)

D'autres considérations liées à l'apprentissage

L'apprentissage est plus efficace lorsque le caractère unique de l'élève est mis en ligne de compte. Pour cette raison, différentes situations d'apprentissage doivent être offertes aux élèves afin de respecter leurs intelligences, leurs différences cognitives, sociales, culturelles ainsi que leur rythme d'apprentissage. L'apprentissage est plus efficace aussi lorsque les activités proposées en classe sont signifiantes, pertinentes, intéressantes, réalisables, axées sur des expériences concrètes d'apprentissage et liées à des situations de la vie de tous les jours. Enfin, l'apprentissage est plus efficace lorsque les élèves se sentent acceptés par l'enseignante ou l'enseignant et par leurs camarades de classe. Plus le climat d'apprentissage est sécurisant, plus les élèves sont en mesure de prendre des risques et de poser des questions qui mènent à une meilleure compréhension.

6. L'ENSEIGNEMENT

La démarche à trois temps

L'apprentissage de l'élève est facilité, appuyé et encadré par une démarche pédagogique gérée par l'enseignante ou l'enseignant. Par mesure de cohérence, cette démarche doit s'inspirer des principes d'apprentissage mentionnés ci-contre. La figure 9 explique la démarche pédagogique à trois temps, qui comprend la préactivité, l'activité proprement dite, et la postactivité.

| APPRENTISSAGE DE L'ÉLÈVE | DÉMARCHE PÉDAGOGIQUE | |
|---|---|--|
| | OPÉRATIONNALISATION | ÉVALUATION FORMATIVE INTERACTIVE |
| 1^{er} temps : Préparation de la situation d'apprentissage (la préactivité) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ L'élève se rappelle la situation d'apprentissage précédente ou des résultats de situations précédentes qu'elle ou il a vécues. ■ L'élève formule ou s'approprie des objectifs d'apprentissage, les relie à son vécu et anticipe d'en tirer profit (d'où sa participation et son intérêt). L'élève considère aussi ses acquis en rapport avec les objectifs proposés. ■ L'élève propose ou choisit une situation d'apprentissage et formule des questions et des réactions en rapport avec cette situation. L'élève cherche à se doter de ressources et d'outils et à créer un milieu propice à l'apprentissage, seul ou avec ses pairs. | <ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignante ou l'enseignant facilite le retour de l'élève sur la situation d'apprentissage précédente ou sur les résultats d'expériences antérieures. ■ L'enseignante ou l'enseignant présente les objectifs d'apprentissage, les rend significatifs et accessibles, les relie au vécu de l'élève et facilite la relation entre les acquis et les objectifs proposés. ■ L'enseignante ou l'enseignant propose des situations d'apprentissage significatives et sécurise l'élève face au choix d'une situation, en précisant les attentes. Elle ou il facilite l'organisation des groupes et du milieu d'apprentissage (ressources et outils disponibles). | <ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignante ou l'enseignant observe les significations que l'élève dégage de ses expériences antérieures (attitudes, habiletés, connaissances). ■ L'enseignante ou l'enseignant vérifie la compréhension par l'élève des objectifs. Elle ou il vérifie si les objectifs semblent être significatifs et pertinents et si l'élève a les acquis nécessaires pour poursuivre les objectifs proposés. ■ L'enseignante ou l'enseignant vérifie que l'élève a compris les situations d'apprentissage et qu'elle ou il peut en dégager les significations. L'enseignante ou l'enseignant vérifie aussi si l'élève est à l'aise et de quelles façons elle ou il se prépare. |
| 2^e temps : Réalisation de la situation d'apprentissage (l'activité) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ L'élève traite du contenu d'apprentissage en explorant et en étudiant des phénomènes, des informations ou des sources de données (observation, interrogation, recherche, analyse, description, prédiction, formulation d'hypothèse, etc.). ■ Elle ou il choisit et organise l'information (traitement de données, schématisation, synthèse, critique, etc.) pour la présenter à la fin (extrapolation, déduction, évaluation, conclusion, application). | <ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignante ou l'enseignant incite et guide l'élève dans sa recherche ou son expérimentation, en proposant des éléments de source ou de solution et en conscientisant l'élève aux techniques nécessaires pour puiser de l'information. ■ L'enseignante ou l'enseignant guide aussi l'élève dans l'organisation et la présentation de son information et de ses résultats, lui proposant des pistes diverses et appropriées tout en lui aidant à prendre conscience de la démarche utilisée. | <ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignante ou l'enseignant observe la démarche et les stratégies de l'élève dans son étude ou sa résolution de problèmes, tout en vérifiant son intérêt au niveau de la collecte de données, de l'organisation de l'information et de la présentation de ses résultats. |
| 3^e temps : Intégration de la situation d'apprentissage (la postactivité) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ L'élève effectue un retour (une réflexion) sur la situation d'apprentissage, en objective sa démarche et son produit, tire des conclusions, dégage des règles et principes, ou applique les résultats à une situation d'apprentissage analogue. ■ L'élève intègre la situation d'apprentissage en y dégageant des significations personnelles, tout en agrandissant son répertoire d'attitudes, d'habiletés et de connaissances et en témoignant de la confiance. Elle ou il est capable de réinvestir ce nouveau savoir dans une autre situation. | <ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignante ou l'enseignant facilite le retour sur la situation d'apprentissage, guide l'élève dans l'objectivation, l'aide à tirer des conclusions et à appliquer les résultats dans une situation analogue. ■ L'enseignante ou l'enseignant aide l'élève à dégager des significations personnelles reliées à une situation d'apprentissage, fournit de la rétroaction sur les résultats de la situation, et facilite l'expression et la manifestation de la confiance qu'a l'élève en elle-même ou lui-même, en lui proposant des situations de réinvestissement. | <ul style="list-style-type: none"> ■ L'enseignante ou l'enseignant observe la participation de l'élève dans le retour sur la situation d'apprentissage. Elle ou il observe chez l'élève son objectivation, sa démarche pour en arriver à des conclusions, et son application des résultats dans une situation analogue. ■ L'enseignante ou l'enseignant vérifie la pertinence des significations personnelles reliées à la situation d'apprentissage, évalue la démarche suivie par l'élève et son apprentissage, observe l'image qu'a l'élève d'elle-même ou de lui-même, et vérifie le degré de participation de l'élève dans le réinvestissement. |
| <p><i>Il y a interdépendance dans les différents éléments de la démarche pédagogique; leur déroulement n'est pas forcément linéaire et il varie d'une ou un élève à l'autre.</i></p> | | |

Fig. 9 – Apprentissage de l'élève et démarche pédagogique en trois temps.
Tiré et adapté du *Dictionnaire actuel de l'éducation*, 2^e éd. de Renald Legendre.

La promotion de la culture scientifique

Tout en suivant une démarche pédagogique axée sur l'élève, l'enseignante ou l'enseignant en sciences de la nature doit, dans la mesure du possible, ne pas perdre de vue son rôle dans la promotion de la culture scientifique. L'enseignante ou l'enseignant doit :

« On ne peut rien enseigner à autrui. On ne peut que l'aider à découvrir. »
(Galiléo Galilée)

- encourager l'élève à développer un sentiment d'émerveillement et de curiosité, accompagné d'un sens critique à l'égard de l'activité scientifique et technologique;
- amener l'élève à se servir des sciences et de la technologie pour construire de nouvelles connaissances et résoudre des problèmes, lui permettant d'améliorer sa qualité de vie et celle des autres;
- préparer l'élève à aborder de façon critique des enjeux d'ordre social, économique, éthique ou environnemental liés aux sciences;
- offrir à l'élève une formation solide en sciences lui offrant la possibilité de poursuivre des études supérieures, de se préparer à une carrière liée aux sciences et d'entreprendre des loisirs à caractère scientifique convenant à ses intérêts et aptitudes;
- développer chez l'élève dont les aptitudes et les intérêts varient une sensibilisation à une vaste gamme de métiers liés aux sciences, à la technologie et à l'environnement.

L'expérimentation par l'élève est au centre de l'apprentissage et de l'enseignement des sciences de la nature. L'accent n'est plus mis sur la mémorisation des faits et des théories scientifiques isolées du monde réel. Les élèves apprennent à apprendre, à penser, à évaluer de façon critique l'information recueillie et à prendre des décisions éclairées. La figure 10 dresse un portrait de ce que doivent être l'apprentissage et l'enseignement des sciences au début du XXI^e siècle.

« J'entends et j'oublie. Je vois et je me souviens. Je fais et je comprends. »
(Proverbe chinois)

Dans la salle de classe en sciences de la nature, l'enseignante ou l'enseignant doit être à la fois :

- un pédagogue;
- un modèle en ce qui a trait aux attitudes et aux habiletés scientifiques et technologiques;
- un passionné des sciences et de la technologie.

L'apprentissage des sciences aujourd'hui.

Insister moins sur :

- la connaissance de faits et de données scientifiques
- l'étude de chaque discipline en soi (sciences de la vie, sciences chimiques et physiques, sciences de la Terre et de l'espace)
- la distinction entre les connaissances scientifiques et la démarche scientifique
- le survol de nombreux sujets scientifiques
- l'exécution d'une étude scientifique au moyen d'un ensemble prescrit de procédés

Privilégier plutôt :

- la compréhension de concepts scientifiques et le développement d'habiletés pour la recherche scientifique
- l'apprentissage du contenu disciplinaire abordé dans divers contextes, afin de comprendre des perspectives personnelles et sociales liées aux sciences et à la technologie ainsi que l'histoire et la nature des sciences
- l'intégration de tous les savoirs (attitudes, habiletés, connaissances) à l'étude scientifique
- l'étude de quelques concepts scientifiques fondamentaux
- l'étude scientifique comme un apprentissage continu de stratégies, d'habiletés et de concepts

Changement de priorités pédagogiques pour favoriser l'étude scientifique.

Insister moins sur :

- les activités de démonstration et de vérification des connaissances scientifiques
- la recherche ou l'expérience effectuée sur une seule période de classe
- l'application des habiletés scientifiques hors contexte
- l'application d'une seule habileté isolément, telle que l'observation ou l'inférence
- l'obtention d'une réponse
- les sciences à titre d'exploration et d'expérience
- la livraison de réponses aux questions sur des connaissances scientifiques
- l'analyse et la synthèse des données, individuellement ou collectivement, sans affirmer ni justifier une conclusion
- l'étude d'une grande quantité de connaissances au détriment du nombre de recherches ou d'expériences
- la conclusion d'une étude scientifique aussitôt que les résultats d'une expérience sont obtenus
- la gestion du matériel et de l'équipement
- la communication des idées et des conclusions de l'élève à l'enseignante ou l'enseignant seulement

Privilégier plutôt :

- les activités de recherche et d'analyse liées à des questions scientifiques
- la recherche ou l'expérience effectuée sur une période de temps prolongée
- l'application des habiletés scientifiques dans un contexte réel
- l'application de multiples habiletés intégrées, faisant appel à la manipulation, la cognition et le traitement
- l'exploitation des données et des stratégies pour développer ou réviser une explication
- les sciences à titre d'argument et d'explication
- la communication d'explications scientifiques
- l'analyse et la synthèse fréquente de données par des groupes d'élèves **après** qu'ils ont affirmé et justifié leurs conclusions
- de nombreuses recherches et expériences pour développer une compréhension de l'étude scientifique et pour apprendre des attitudes, des habiletés et des connaissances scientifiques
- l'application des résultats d'une expérience à des arguments et à des explications scientifiques
- la gestion des idées et de l'information
- la communication ouverte des idées et du travail de l'élève à toute la classe

Fig. 10 – *Changement de priorités dans l'apprentissage et l'enseignement des sciences de la nature.*

Traduction d'un extrait du document *National Science Education Standards*, p. 113, publié par la National Academy of Sciences.

Philosophie de l'enseignement de la physique

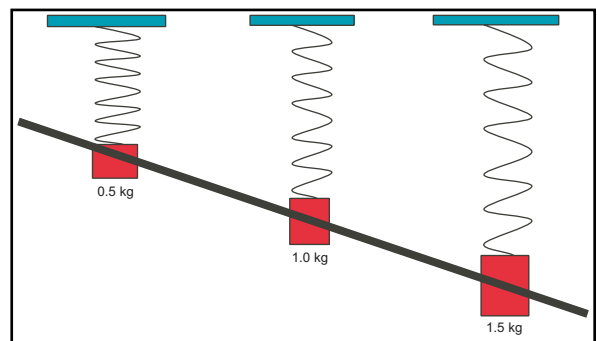
Demandez à vos élèves de répondre en une seule phrase à la question suivante : « Qu'est-ce que la physique? ». Les élèves ont tendance à répondre par la description d'expériences vécues qui ont un rapport avec la physique : « la physique, c'est le mouvement » ou « la physique est l'étude de l'énergie et de la matière ». D'autres auront une réponse plus générale, comme « la physique est l'étude de l'univers » ou encore « la physique est la science de toutes choses ». Les relations entre les mathématiques et la physique sont prédominantes et les remarques suivantes sont fréquentes : « la physique, c'est des mathématiques » ou « la physique, c'est expliquer les choses simples du quotidien par des formules mathématiques complexes ». Ces réponses indiquent que certains élèves voient les mathématiques comme l'instrument de la physique. D'autres associent la physique à leur réussite ou à leur échec : « physique = université = \$ ». Sans trop savoir ce qu'est la physique, plusieurs considèrent qu'elle est déterminante pour leur avenir.

Qu'est-ce que la physique? Bien qu'il puisse y avoir plusieurs réponses, un thème commun ressort lorsqu'on examine les différentes branches de la physique et les principes sous-jacents. La physique est l'étude des *relations* dans le monde qui nous entoure. Nous envisageons une « chose intéressante », puis nous construisons des modèles afin d'en définir les caractéristiques fondamentales et de décrire comment celles-ci s'influencent mutuellement ou interagissent. Ces relations nous permettent de prévoir le comportement d'autres « choses intéressantes » dont les paramètres sont identiques ou semblables. L'étude des relations constitue une part très importante de la physique. La difficulté que représente pour plusieurs l'étude de la physique est imputable aux multiples modes de représentation des relations. Il est important de bien comprendre ces modes et leurs relations afin de contribuer efficacement à l'enseignement et à l'apprentissage.

Les modes de représentation

Le mode visuel

Prenons un exemple pour illustrer les modes de représentation. Une masse de 0,5 kg est suspendue à un ressort (voir fig. 1). Si l'on suspend des masses de 1 kg et de 1,5 kg à des ressorts identiques, on peut voir la relation entre la force agissant sur le ressort et l'étirement de celui-ci. C'est ce que l'on appelle le mode de représentation visuel d'une relation. Son fondement se trouve dans le monde réel et dans la perception que l'on a de ce monde.



La représentation visuelle consiste à établir une relation entre deux variables et à vérifier l'hypothèse par l'observation et l'expérimentation. Plus la force exercée est grande, plus le ressort s'étire. Il est même possible parfois d'établir la relation exacte. Dans le cas présent, comme les masses de la figure 1 s'alignent bien droit, l'augmentation de l'étirement doit être proportionnelle à celle de la force exercée. La représentation visuelle n'englobe pas uniquement la conjecture et l'observation; elle comprend aussi l'esprit critique et la pensée créative à mesure que l'on construit et modifie les modèles naturels à la base des observations. La conceptualisation du monde « réel » repose sur un ensemble d'hypothèses que l'on croit fondées. On peut intérioriser un modèle pour faciliter cette conceptualisation, puis effectuer différentes expériences pour en vérifier l'exactitude. Le modèle efficace est celui qui permet à la fois d'expliquer et de prévoir un phénomène. Un modèle peut entraîner des événements contradictoires qui obligent à le reconsidérer et à le modifier, ou un modèle peut être faussé et doit alors être abandonné en faveur de l'élaboration d'un autre, plus complet et plus précis. Par exemple, le modèle de la charge électrique sous-tend l'étude des phénomènes électriques. Le modèle par fluide et particules de la charge électrique a toujours été vérifié par l'observation expérimentale. Cependant, à mesure que les idées sur la structure de la matière évoluent, on constate que le modèle fondé sur les particules permet des prévisions et des explications plus fiables.

Bien que l'on puisse formuler une description générale des relations (plus la force exercée est grande, plus l'étirement du ressort est grand), on ne peut pas toujours établir une relation exacte par la représentation physique et conceptuelle. Il faut donc quantifier les caractéristiques et comparer les chiffres. C'est ce que l'on appelle le mode de représentation numérique.

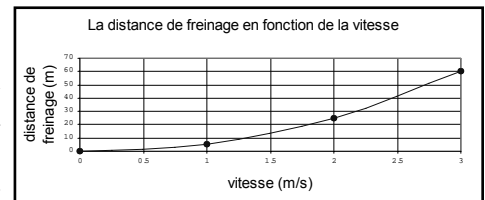
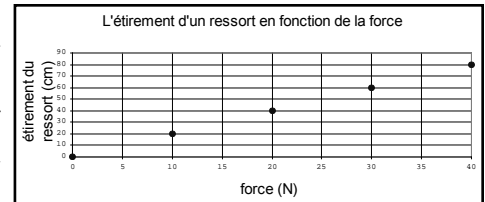
Le mode numérique

Le mode de représentation numérique consiste à formuler une définition fonctionnelle des propriétés fondamentales, et à effectuer des mesures afin de recueillir des données. On peut ensuite étudier ces données et établir une relation exacte. L'utilisation du mode numérique nécessite une bonne compréhension des rapports de proportion et des modèles numériques (par exemple si F double, x double, et si F triple, x triple; nous avons donc un rapport de proportion direct permettant d'énoncer une loi.). Dans la plupart des cas, cependant, la cueillette de données entraîne des erreurs. Il peut être très difficile d'établir la relation en étudiant uniquement les données. Par contre, une image vaut mille chiffres. La représentation graphique des données permet habituellement de mieux établir la relation.

| F (N) | X (m) |
|-------|-------|
| 5.0 | 0.2 |
| 10.0 | 0.4 |
| 15.0 | 0.6 |
| 20.0 | 0.8 |

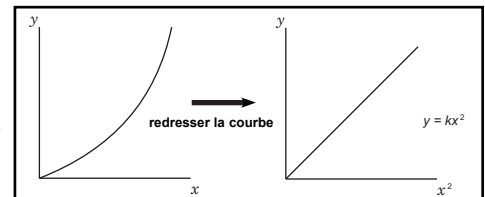
Le mode graphique

Le mode de représentation graphique constitue une image mathématique de la relation. Heureusement, il suffit de connaître un nombre limité de figures pour établir les relations. En fait, au niveau secondaire, on a besoin de connaître uniquement trois représentations graphiques, soit la ligne droite, la courbe de puissance et la courbe inversée. En ajustant les données pour « redresser la courbe », on peut établir la relation exacte et formuler une loi que l'on peut représenter de façon symbolique.



Le mode symbolique

Enfin, le mode de représentation symbolique consiste à exprimer la relation par une formule algébrique pouvant s'appliquer à d'autres phénomènes physiques de nature semblable.

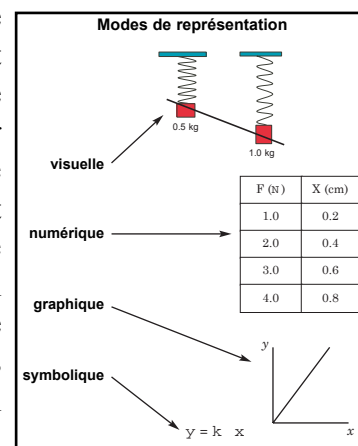


Il existe donc quatre modes de représentation des relations : physique et conceptuel, numérique, graphique et symbolique. Dans notre méthode d'enseignement de la physique, l'élève doit être en mesure d'utiliser chacun de ces modes de représentation afin de révéler sa compréhension et sa maîtrise du sujet.

Malheureusement, il est facile de se limiter un seul mode de représentation, surtout le mode symbolique. Les élèves se plaignent souvent du nombre de formules qu'ils doivent apprendre dans leur classe de physique. Ils mémorisent consciencieusement les équations et les notations, apprennent à substituer les variables, et arrivent à des solutions numériques. Élèves et enseignants sont facilement pris au piège de la représentation symbolique. L'enseignement par le mode symbolique est facile car il ne nécessite aucune préparation, sinon très peu. L'enseignant versé en mathématiques n'a qu'à effectuer des dérivations algébriques des équations. Ce traitement « hors contexte » des relations entre variables physiques et conceptuelles pose des difficultés énormes pour certains élèves, y compris ceux qui semblent forts en mathématiques. Il est difficile de faire hors contexte des liens significatifs entre le mode de représentation symbolique et le mode de représentation physique et conceptuelle. Il est probable que la formation en physique qu'ont reçue les enseignants ait été fondée principalement sur le mode symbolique, et que ces derniers n'aient jamais vraiment surmonté leurs propres difficultés de conceptualisation.

Les élèves à qui l'on a enseigné la physique par le mode de représentation symbolique sont en mesure de formuler des réponses toutes faites, mais il est rare qu'ils comprennent la physique ou qu'ils en retiennent les concepts. En fait, leurs difficultés relèvent rarement de la physique comme telle; la confusion émerge des notations, des types d'équations semblables, des différentes représentations algébriques des formules et des calculs. Les taux de réussite diminuent dès qu'il faut faire appel à des concepts physiques, comme dans le cas des problèmes sous forme d'énoncés plus complexes. Des recherches effectuées dans le domaine de l'enseignement de la physique, tel que le *Force Concept Inventory* de Hestenes, indiquent que même les élèves avancés ne peuvent fonctionner avec le mode de représentation physique et conceptuelle. Cela n'a évidemment rien d'étonnant si l'enseignement est axé presque exclusivement sur le mode de représentation symbolique.

L'enseignant et l'élève doivent acquérir une compréhension plus complète des relations et améliorer leurs compétences dans chaque mode de représentation. L'élève doué devrait pouvoir passer facilement d'un mode à l'autre, sans qu'il ne le fasse dans un ordre précis. Un « vrai scientifique » peut commencer ses recherches dans un mode de représentation quelconque et poursuivre en combinant ce mode à d'autres. L'élève qui démontre une compréhension complète des relations physiques et conceptuelles devrait être en mesure de passer d'un mode à l'autre, quel qu'en soit l'ordre.



Bien que l'aptitude à utiliser les différents modes de représentation constitue une base solide pour l'apprentissage des sciences de la nature, elle ne suffit pas à elle seule à décrire la nature de l'activité scientifique. Au moment de l'élaboration de sa théorie de la relativité, Einstein a conceptualisé une hypothèse puis, à partir de présomptions fondamentales sur le temps et l'espace, il en a déduit une série de lois représentées en mode symbolique. Il a laissé à d'autres le soin de faire les observations pour confirmer ou infirmer ses propositions. Le recul historique et une compréhension de l'essence même des sciences de la nature mèneront à une philosophie mieux adaptée à l'enseignement de la physique.

7. LES RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE

L'apprentissage des sciences de la nature s'articule autour de la notion de **résultats d'apprentissage**. Un résultat d'apprentissage décrit de façon concise les connaissances, les habiletés et les attitudes - observables et, dans la mesure du possible, mesurables - qu'est censé acquérir une ou un élève dans une matière donnée et au cours d'un laps de temps.

Les résultats d'apprentissage sont toujours exprimés en fonction de ce qu'une ou un élève peut faire ou peut démontrer; à ne pas confondre avec *objectif* qui met l'accent sur ce que l'enseignant ou l'enseignante doit faire.

On distingue deux niveaux de résultats d'apprentissage au Manitoba : les résultats d'apprentissage généraux, appelés plus familièrement les RAG, et les résultats d'apprentissage spécifiques, nommés RAS.

Les résultats d'apprentissage généraux (RAG)

Les résultats d'apprentissage généraux sont des énoncés généraux qui décrivent ce qu'un élève ayant terminé sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire est en mesure d'accomplir en sciences de la nature. Les RAG sont les mêmes de la maternelle au secondaire 4. Ils découlent des cinq principes de base de la culture scientifique (voir la figure 11).

| PRINCIPES DE BASE | RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|--|
| Nature des sciences et de la technologie | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | | | | |
| Sciences, technologie, société et environnement (STSE) | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | | | | |
| Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | |
| Connaissances scientifiques essentielles | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | | | |
| Concepts unificateurs | E1 | E2 | E3 | E4 | | | | | |

Fig. 11 – Correspondance entre les principes de base et les RAG.

La figure 12 énumère les résultats d'apprentissage généraux en sciences de la nature qui se construisent de la maternelle au secondaire 4.

- A1. L'élève sera apte à reconnaître à la fois les capacités et les limites des sciences comme moyen de répondre à des questions sur notre monde et d'expliquer des phénomènes naturels.
- A2. L'élève sera apte à reconnaître que les connaissances scientifiques se fondent sur des données, des modèles et des explications et évoluent à la lumière de nouvelles données et de nouvelles conceptualisations.
- A3. L'élève sera apte à distinguer de façon critique les sciences de la technologie, en fonction de leurs contextes, de leurs buts, de leurs méthodes, de leurs produits et de leurs valeurs.
- A4. L'élève sera apte à identifier et apprécier les contributions qu'ont apportées des femmes et des hommes issus de diverses sociétés et cultures à la compréhension de notre monde et à la réalisation d'innovations technologiques.
- A5. L'élève sera apte à reconnaître que les sciences et la technologie interagissent et progressent mutuellement.
- B1. L'élève sera apte à décrire des innovations scientifiques et technologiques, d'hier et d'aujourd'hui, et reconnaître leur importance pour les personnes, les sociétés et l'environnement à l'échelle locale et mondiale.
- B2. L'élève sera apte à reconnaître que les poursuites scientifiques et technologiques ont été et continuent d'être influencées par les besoins des humains et le contexte social de l'époque.
- B3. L'élève sera apte à identifier des facteurs qui influent sur la santé et expliquer des liens qui existent entre les habitudes personnelles, les choix de style de vie et la santé humaine aux niveaux personnel et social.
- B4. L'élève sera apte à démontrer une connaissance et un intérêt personnel pour une gamme d'enjeux, de passe-temps et de métiers liés aux sciences et à la technologie.
- B5. L'élève sera apte à identifier et démontrer des actions qui favorisent la durabilité de l'environnement, de la société et de l'économie à l'échelle locale et mondiale.
- C1. L'élève sera apte à reconnaître les symboles et les pratiques liés à la sécurité lors d'activités scientifiques et technologiques ou dans sa vie de tous les jours, et utiliser ces connaissances dans des situations appropriées.
- C2. L'élève sera apte à démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il entreprend une étude scientifique.
- C3. L'élève sera apte à démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il s'engage dans la résolution de problèmes technologiques.
- C4. L'élève sera apte à démontrer des habiletés de prise de décisions et de pensée critique lorsqu'elle ou il adopte un plan d'action fondé sur de l'information scientifique et technologique.
- C5. L'élève sera apte à démontrer de la curiosité, du scepticisme, de la créativité, de l'ouverture d'esprit, de l'exactitude, de la précision, de l'honnêteté et de la persistance, et apprécier l'importance de ces qualités en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques.
- C6. L'élève sera apte à utiliser des habiletés de communication efficaces et des technologies de l'information afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques.
- C7. L'élève sera apte à travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui lors de ses activités scientifiques et technologiques.
- C8. L'élève sera apte à évaluer, d'une perspective scientifique, les idées et les renseignements rencontrés au cours de ses études et dans la vie de tous les jours.
- D1. L'élève sera apte à comprendre les structures et les fonctions vitales qui sont essentielles et qui se rapportent à une grande variété d'organismes, dont les humains.
- D2. L'élève sera apte à comprendre diverses composantes biotiques et abiotiques, ainsi que leurs interactions et leur interdépendance au sein d'écosystèmes y compris la biosphère en entier.
- D3. L'élève sera apte à comprendre les propriétés et les structures de la matière ainsi que diverses manifestations et applications communes des actions et des interactions de la matière.
- D4. L'élève sera apte à comprendre comment la stabilité, le mouvement, les forces ainsi que les transferts et les transformations d'énergie jouent un rôle dans un grand nombre de contextes naturels et fabriqués.
- D5. L'élève sera apte à comprendre la composition de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la lithosphère ainsi que des processus présents à l'intérieur de chacune d'elles et entre elles.
- D6. L'élève sera apte à comprendre la composition de l'Univers et les interactions en son sein ainsi que l'impact des efforts continus de l'humanité pour comprendre et explorer l'Univers.
- E1. L'élève sera apte à décrire et apprécier les similarités et les différences parmi les formes, les fonctions et les régularités du monde naturel et fabriqué.
- E2. L'élève sera apte à démontrer et apprécier comment le monde naturel et fabriqué est composé de systèmes et comment des interactions ont lieu au sein de ces systèmes et entre eux.
- E3. L'élève sera apte à reconnaître que des caractéristiques propres aux matériaux et aux systèmes peuvent demeurer constantes ou changer avec le temps et décrire les conditions et les processus en cause.
- E4. L'élève sera apte à reconnaître que l'énergie, transmise ou transformée, permet à la fois le mouvement et le changement, et est intrinsèque aux matériaux et à leurs interactions.

Fig. 12 – Résultats d'apprentissage généraux en sciences de la nature.

Les résultats d'apprentissage spécifiques (RAS)

Les résultats d'apprentissage spécifiques découlent des résultats généraux et se veulent des descripteurs concis et précis de l'apprentissage scientifique de chaque élève. On distingue deux types de RAS en sciences, soit les RAS transversaux et les RAS thématiques. Ces deux catégories de RAS sont d'importance égale.

- Les **RAS transversaux** sont des énoncés qui décrivent surtout des habiletés et des attitudes à acquérir au cours de l'année scolaire. Chaque RAS transversal est énoncé de façon à pouvoir être enseigné dans un ou plusieurs contextes tout au long de l'année.

Les RAS transversaux sont organisés en quatre catégories.

Les catégories de RAS transversaux

1. Nature des sciences
2. Étude scientifique
3. Sciences, technologie, société et environnement (STSE)
4. Attitudes

- Les **RAS thématiques** sont des énoncés qui décrivent en grande partie des connaissances scientifiques, quoiqu'ils touchent aussi à de nombreuses habiletés et attitudes contextuelles. Les RAS s'agencent autour de thèmes particuliers. L'ordre de présentation qui est offert dans le *Document de mise en œuvre* n'est pas obligatoire, mais il constitue une progression logique de la construction des savoirs de l'élève dans le cours de sciences.

En Physique secondaire 3, quatre grands thèmes appelés *regroupements thématiques* (numérotés de 1 à 4) servent à orienter l'enseignement; chaque regroupement est constitué d'un ensemble de RAS thématiques. Pour ce qui est des RAS transversaux, ils sont présentés dans le regroupement transversal (dont le numéro est 0). La figure 13 permet de voir d'un coup d'œil tous les regroupements de la maternelle au secondaire 1.

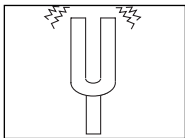
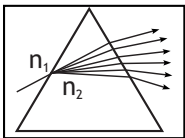

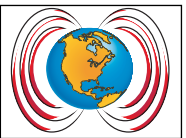
| | <i>Regroupement transversal 0</i> | <i>Regroupement thématique 1</i> | <i>Regroupement thématique 2</i> | <i>Regroupement thématique 3</i> | <i>Regroupement thématique 4</i> |
|---|--|---|--|---|---|
| Maternelle | Les habiletés et les attitudes transversales de la maternelle | Les arbres | Les couleurs | Le papier | --- |
| 1 ^{re} année | Les habiletés et les attitudes transversales de la 1 ^{re} année | Les caractéristiques et les besoins des êtres vivants | Les sens | Les caractéristiques des objets et des matériaux | Les changements quotidiens et saisonniers |
| 2 ^e année | Les habiletés et les attitudes transversales de la 2 ^e année | La croissance et les changements chez les animaux | Les propriétés des solides, des liquides et des gaz | La position et le mouvement | L'air et l'eau dans l'environnement |
| 3 ^e année | Les habiletés et les attitudes transversales de la 3 ^e année | La croissance et les changements chez les plantes | Les matériaux et les structures | Les forces qui attirent ou repoussent | Les sols dans l'environnement |
| 4 ^e année | Les habiletés et les attitudes transversales de la 4 ^e année | Les habitats et les communautés | La lumière | Le son | Les roches, les minéraux et l'érosion |
| 5 ^e année | Les habiletés et les attitudes transversales de la 5 ^e année | Le maintien d'un corps en bonne santé | Les propriétés et les changements des substances | Les forces et les machines simples | Le temps qu'il fait |
| 6 ^e année | Les habiletés et les attitudes transversales de la 6 ^e année | La diversité des êtres vivants | Le vol | L'électricité | L'exploration du système solaire |
| 7 ^e année | Les habiletés et les attitudes transversales de la 7 ^e année | Les interactions au sein des écosystèmes | La théorie particulaire de la matière | Les forces et les structures | La croûte terrestre |
| 8 ^e année | Les habiletés et les attitudes transversales de la 8 ^e année | Des cellules aux systèmes | L'optique | Les fluides | Les systèmes hydrographiques |
| Secondaire 1 | Les habiletés et les attitudes transversales du secondaire 1 | La reproduction | Les atomes et les éléments | La nature de l'électricité | L'exploration de l'Univers |
| Secondaire 2 | Les habiletés et les attitudes transversales du secondaire 2 | La dynamique d'un écosystème | Les réactions chimiques | Le mouvement et l'automobile | La dynamique des phénomènes météorologiques |
| Secondaire 3 | Les habiletés et les attitudes transversales du secondaire 3 | Les ondes et le son | La nature des sciences | La mécanique | Les champs |
| Icônes utilisées dans le <i>Document de mise en œuvre</i> pour représenter les regroupements thématiques de physique secondaire 3 | |  |  |  |  |

Fig. 13 – Regroupements en sciences de la nature.

Les précisions qui accompagnent les RAS

Il arrive que l'énoncé d'un RAS transversal ou thématique ne soit pas suffisamment détaillé et que des précisions supplémentaires s'imposent. Un contenu notionnel obligatoire est alors précédé par la mention entre autres dans le RAS. L'inclusion d'un « entre autres » ne limite pas l'apprentissage à ce contenu notionnel, mais elle en précise le minimum (ou le contenu notionnel commun) obligatoire d'un RAS. Par ailleurs, la mention par exemple précise également la nature du contenu notionnel et permet à l'enseignante ou à l'enseignant de mieux cerner l'intention du RAS, sans toutefois exiger que ce soit les exemples fournis qui doivent être enseignés.

Alors que les « entre autres » sont écrits dans le même style que l'énoncé principal des RAS, les « par exemple » sont en italique pour bien souligner le fait qu'ils n'ont pas le statut obligatoire de l'énoncé principal.

Deux types de renvois figurent sous les RAS. Le premier type, qui ne se trouve que sous les RAS transversaux, vient souligner le lien entre un RAS transversal de sciences de la nature et des RAS ou RAG similaires dans d'autres disciplines ou compétences : le français langue première (FL1), le français langue seconde - immersion (FL2), les compétences en technologies de l'information (TI), et les mathématiques (Maths). Ces renvois permettent d'établir des correspondances entre ce qui est enseigné en sciences et dans d'autres matières de sorte à favoriser l'intégration.

Le second type de renvoi relie chacun des RAS transversaux et thématiques aux RAG dont ils s'inspirent. Une enseignante ou un enseignant peut davantage cerner l'esprit dans lequel a été rédigé un RAS en consultant les RAG visés par le renvoi.

La codification des RAS

En sciences de la nature, chaque RAS transversal est codifié selon :

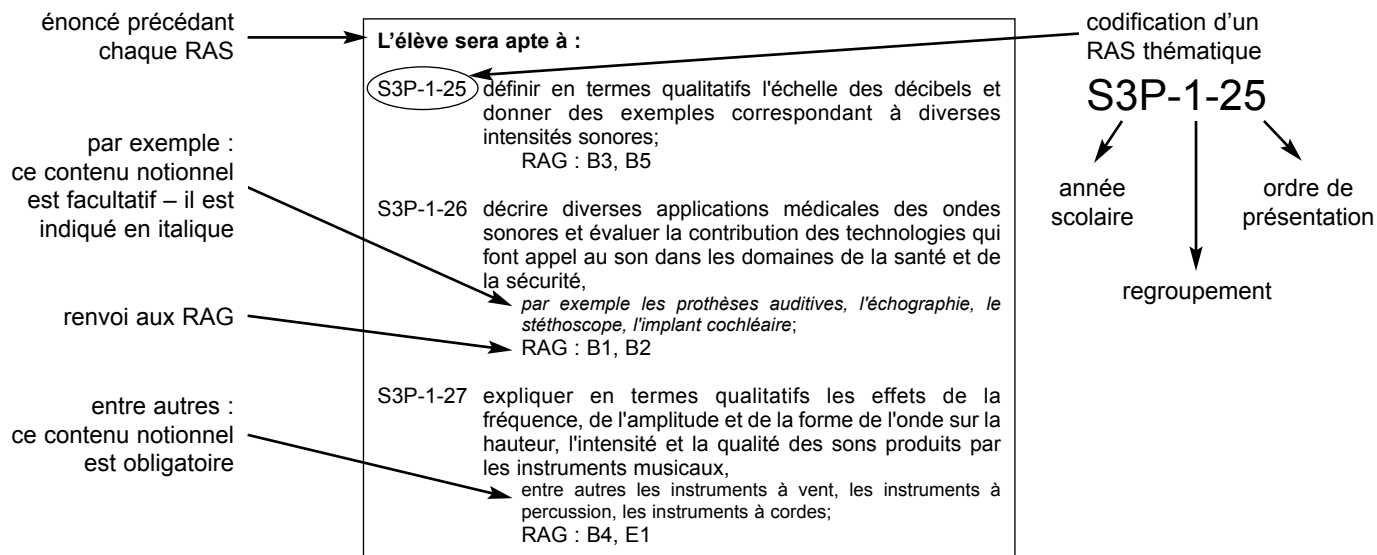
- l'année scolaire;
- le regroupement (tous les RAS transversaux appartiennent au regroupement 0);
- la catégorie;
- l'ordre de présentation du RAS.

Les RAS thématiques sont eux aussi codifiés selon :

- l'année scolaire;
- le regroupement thématique (1, 2, 3 ou 4);
- l'ordre de présentation du RAS (cet ordre est facultatif).

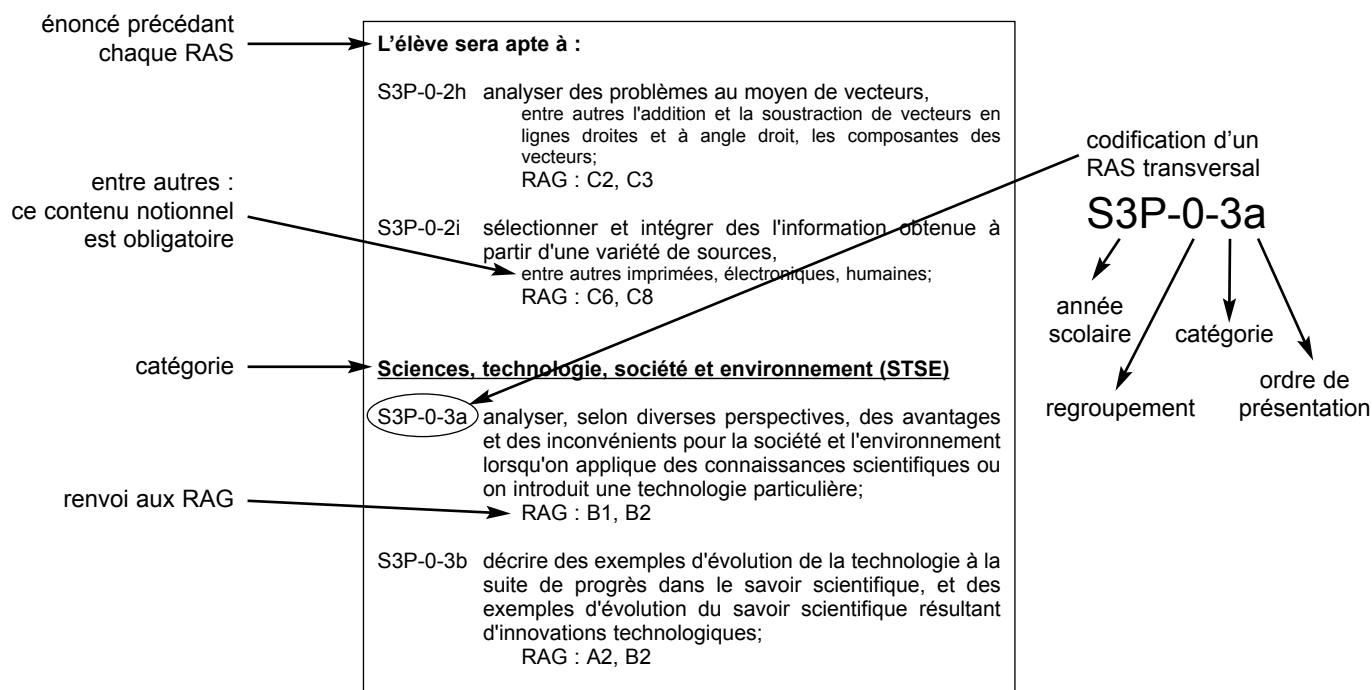
Mode d'emploi pour la lecture des RAS thématiques

Exemples de RAS thématiques



Mode d'emploi pour la lecture des RAS transversaux

Exemples de RAS transversaux



8. ORGANISATION GÉNÉRALE DU DOCUMENT

Le présent document comprend, outre la section d'**Introduction générale**, quatre modules qui correspondent aux quatre regroupements (thèmes) ciblés en Physique secondaire 3 :

- **Les ondes et le son;**
- **La nature de la lumière;**
- **La mécanique;**
- **Les champs.**

Ces modules peuvent être utilisés indépendamment des autres et l'ordre dans lequel ils sont présentés est facultatif. De nombreux indices servent à reconnaître les modules :

- Le numéro et le titre du regroupement thématique sont indiqués au haut de chaque page;
- Le premier chiffre de la pagination correspond au numéro du regroupement;
- L'icône particulière au regroupement figure en bas de chaque page.

Contenu d'un module thématique

Chaque module thématique comprend les éléments suivants :

- Un aperçu du regroupement thématique.
- Des conseils d'ordre général qui portent sur des considérations pratiques dont l'enseignante ou l'enseignant devra tenir compte dans la planification de son cours.
- Un tableau des blocs d'enseignement ainsi qu'une suggestion du temps à accorder à chacun des blocs.
- Une liste des ressources éducatives pour l'enseignant, notamment des livres, divers imprimés, des vidéocassettes, des disques numérisés et des sites Web.
- Une liste des résultats d'apprentissage spécifiques pour le regroupement thématique.
- Une liste des résultats d'apprentissage spécifiques transversaux.
- Une liste des résultats d'apprentissage généraux qui cernent l'orientation philosophique des cours de sciences de la nature.
- Des stratégies d'enseignement et d'évaluation suggérées pour chaque bloc d'enseignement.
- Des annexes reproductibles à l'intention de l'enseignante ou de l'enseignant et des élèves.
- Des feuilles reproductibles servant à la compilation d'un portfolio.

**Les blocs
d'enseignement**

Les blocs d'enseignement sont des ensembles de cinq RAS ou moins, parmi lesquels on retrouve des RAS thématiques propres au regroupement dont il est question ainsi que des RAS transversaux qui y sont jumelés. La mise en page de ces blocs d'enseignement se fait sur deux pages placées côte à côte. Pour chaque bloc d'enseignement, au moins une stratégie d'enseignement et au moins une stratégie d'évaluation sont suggérées.

**Les stratégies
d'enseignement
suggérées**

Chaque stratégie d'enseignement comprend une section :

- **En tête** : suggestions pour mettre en contexte les apprentissages visés, activer les connaissances antérieures des élèves ou stimuler l'intérêt des élèves.
- **En quête** : suggestions qui visent l'acquisition d'attitudes, d'habiletés et de connaissances que représentent les RAS du bloc d'enseignement.
- **En fin** : suggestions qui encouragent l'objectivation, la réflexion, la métacognition ou le réinvestissement.

Les encadrés

Divers encadrés accompagnent les stratégies d'enseignement. Ils offrent :

- des précisions quant aux notions scientifiques à enseigner;
- des avis de nature plutôt pédagogique;
- des renvois à des annexes ou à des ressources éducatives utiles;
- d'autres renseignements ou mises en garde susceptibles d'intéresser l'enseignant.

Une stratégie d'enseignement peut aussi comprendre une section :

- **En plus** : suggestions qui dépassent l'intention des RAS de ce niveau, mais qui peuvent néanmoins enrichir l'apprentissage des élèves et stimuler de nouvelles réflexions.

Il peut y avoir à l'intérieur de chacune des sections ci-dessus une numérotation pour différentes options (①, ②, ③, etc.); l'enseignante ou l'enseignant doit alors sélectionner une option en fonction de ses préférences pédagogiques et des intérêts de la classe. **Une seule option suffit pour compléter la section en question et la présence de la conjonction de coordination « ou » vient renforcer cette idée.** Par contre, il peut exister au sein d'une option particulière des étapes nécessaires pour que les RAS soient atteints. Ces étapes sont indiquées par les lettres A, B, C, etc., et **elles constituent des étapes nécessaires pour mener l'activité à terme.**

**Les stratégies
d'évaluation
suggérées**

Les stratégies d'évaluation sont numérotées (①, ②, ③, etc.). Toutefois, contrairement aux stratégies d'enseignement, **une seule des options proposées n'est pas nécessairement suffisante pour évaluer tous les RAS thématiques et transversaux** du bloc d'enseignement. L'enseignante ou l'enseignant doit donc choisir un ensemble de suggestions.

Mode d'emploi pour la lecture des stratégies suggérées

Les RAS thématiques et transversaux du bloc sont toujours disposés en haut, sur la largeur des deux pages côte à côte. Si des pages supplémentaires sont utilisées pour les stratégies du même bloc, les mêmes RAS sont indiqués au haut des pages suivantes.

La matière, l'année scolaire et le numéro du regroupement thématique sont indiqués au haut de la page.

La section « En quête » correspond à l'activité.

La lettre du bloc indique son ordre dans le module. Chaque bloc a aussi un titre qui porte sur les notions visées. Les blocs d'enseignement sont offerts à titre de suggestions.

Les stratégies d'enseignement suggérées sont disposées en trois colonnes.

La section « En tête » correspond à la préactivité.

Les étapes nécessaires au sein d'une section sont indiqués par des lettres.

Un encadré fournit des précisions notionnelles, pédagogiques ou autres.

Dans la pagination, le chiffre avant le point indique le numéro du regroupement thématique.

L'icône du regroupement thématique.

Physique
Secondaire 3
Regroupement 3

LA MÉCANIQUE

Résultats d'apprentissage spécifiques pour le bloc d'enseignement :

Bloc A

Introduction à la mécanique

L'élève sera apte à :

S3P-3-01 distinguer les quantités scalaires des quantités vectorielles et en donner des exemples, par exemple la distance, la vitesse, la masse, le temps, la température, le volume, le poids, la position, le déplacement, la vitesse vectorielle, l'accélération, la force;
RAS : D4

S3P-3-02 faire la différence entre la position, le déplacement et la distance;
RAS : D4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

1 Inviter les élèves à former des groupes de deux. Demander à chaque groupe d'écrire un paragraphe qui explique comment se rendre de la salle de classe à un « endroit mystère » dans l'école, sans aucune direction ou diagramme. Inviter les différents groupes à s'échanger leur paragraphe et leur donner quelques minutes pour tenter de deviner l'endroit mystère.

En secondaire 2, les élèves ont étudié le mouvement uniforme et accéléré en ligne droite. Les orientations de vecteurs étaient décrites comme allant vers l'avant et vers l'arrière.

Posez les questions suivantes aux élèves :

- Est-ce que c'était difficile d'écrire votre paragraphe? Expliquez votre réponse.
- L'endroit était-il facile à trouver?
- Qu'est-ce qui aurait pu faciliter votre tâche?

En quête

1 A) Expliquer aux élèves la différence entre un grandeur scalaire et un grandeur vectorielle. Poser la question suivante aux élèves :

- Parmi les valeurs qui suivent, lesquelles sont des grandeurs scalaires et lesquelles sont vectorielles?
 - 50 m/s (scalaire)
 - 20 km, sud (vectorielle)
 - 3 °C (scalaire)
 - 7 m/s vers la gauche (vectorielle)
 - 14 N vers le haut (vectorielle)

B) Diviser la classe en petits groupes. Inviter chaque groupe à décrire des situations dans lesquelles une connaissance de la distance serait importante et des situations dans lesquelles une connaissance du déplacement serait importante. Encourager les élèves à présenter leurs exemples à la classe. Voici des réponses possibles :

- La distance est importante pour déterminer la consommation d'essence dans un véhicule, l'usure d'un véhicule ou la quantité d'exercice accompli lors du jogging.
- Le déplacement (distance et orientation) est nécessaire pour se rendre d'un endroit à l'autre.

C) Expliquer aux élèves la différence entre les termes *position*, *déplacement* et *distance*. S'assurer que les élèves peuvent additionner et soustraire des vecteurs en ligne droite et à angles droits. Distribuer l'annexe 1 au besoin pour repasser les notions de vecteurs.

Une **grandeur scalaire** est une mesure qui comprend seulement un nombre et une unité. La **distance** est un exemple de grandeur scalaire et signifie la longueur du trajet parcouru. Une **grandeur vectorielle** comprend un nombre, une unité et une orientation. Le **déplacement** est un exemple de grandeur vectorielle et signifie la variation de la position d'un corps. La **position** d'un corps indique l'endroit où il se situe à un instant donné.

L'orientation d'un vecteur peut être décrite de plusieurs façons :

- termes courants tels que droite ou gauche, vers le haut ou vers le bas;
- direction boussole;
- axe rectiligne où le mouvement est positif dans un sens et négatif dans l'autre;
- système de coordonnées rectangulaires (SCR) utilisant les angles de rotation à partir d'un axe horizontal.

Les termes **orientation**, **sens** et **direction** sont souvent mal employés. La direction désigne une droite non orientée, par exemple nord-sud. Le sens précise l'orientation.

page
3.16

Mode d'emploi pour la lecture des stratégies suggérées

Le texte du *Document de mise en œuvre* s'adresse aux enseignants. Cependant, les questions posées aux élèves sont en italique.

Le titre du module correspond au titre du regroupement thématique. Toutefois, le module traite aussi des habiletés et des attitudes du regroupement 0.

Pour chaque RAS il y a un renvoi aux RAG.

Les stratégies d'évaluation sont numérotées. Une seule stratégie ne suffit pas nécessairement à l'évaluation de tous les RAS du bloc.

Les stratégies d'évaluation suggérées sont disposées dans la colonne de droite.

La section « En fin » correspond à la postactivité.

La section « En plus » correspond à des activités d'extension possibles. Ces activités dépassent l'intention des RAS du bloc.

La numérotation à l'intérieur des sections « En tête », « En quête » et « En fin » indique des options : une seule option à l'intérieur de chaque section suffit pour compléter la stratégie d'enseignement. Pour la section « En plus », la numérotation indique aussi des options mais celles-ci vont au-delà des RAS du bloc.

Au besoin, la lecture des stratégies du bloc se poursuit aux deux prochaines pages.

LA MÉCANIQUE

Physique
Secondaire 3
Regroupement 3

S3P-3-03 distinguer un instant d'un intervalle de temps;
RAG : D4

S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs, entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs.
RAG : C2, C3

Stratégies d'évaluation suggérées

- 1 Inviter les élèves à raconter une « histoire de vecteur » dans leur carnet scientifique (par exemple leur trajet entre la maison et l'école) en faisant référence à l'origine, aux grandeurs des valeurs et à l'orientation.
- 2 Inviter les élèves à compléter un test semblable à celui de l'annexe 2.
- 3 Ramasser le cadre de comparaison des élèves afin d'évaluer leur capacité à distinguer l'instant de l'intervalle de temps.
- 4 Inviter les élèves à calculer des distances et des déplacements à partir d'une carte routière. Poser les questions suivantes aux élèves :
 - Si vous voyagez en voiture vers une destination quelconque, quel calcul serait plus important, celui de la distance ou celui du déplacement sur une carte routière? Expliquez votre réponse.
 - Si vous voyagez en avion vers une destination quelconque, quel calcul serait plus important, celui de la distance ou celui du déplacement sur une carte routière? Expliquez votre réponse.
- 5 Inviter les élèves à utiliser le procédé tripartite (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.9 et 10.10, et 10.22) afin de définir les concepts position, distance, déplacement, vitesse vectorielle, instant, intervalle de temps.

suite à la page 3.19

D) Distribuer aux élèves la feuille de travail de l'annexe 2. S'assurer que les élèves font la distinction entre un instant et un intervalle de temps. Revoir les réponses en classe pour s'assurer que les élèves saisissent bien les concepts. Le corrigé figure à l'annexe 3.

E) Inviter les élèves à comparer à l'aide d'un cadre de comparaison les termes suivants (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.24) :

- l'instant et l'intervalle de temps;
- les quantités scalaires et les quantités vectorielles;
- la distance et le déplacement.

En fin

1 Inviter les élèves à reprendre l'exercice de la section « En tête ». Cette fois, les élèves peuvent dessiner des vecteurs pour aider à l'orientation et inclure des mesures (voir l'annexe 4). Poser la question suivante aux élèves :

- Les directives étaient-elles plus faciles à suivre cette fois? Expliquez votre réponse.

En plus

1 Inviter les élèves à réaliser le plan d'action qu'ils ont élaboré.

Une idée préconçue chez les élèves est qu'un **instant** est une période de temps très courte. L'instant équivaut à une lecture de chronomètre ou à la position des aiguilles sur une horloge (*t*). Si le temps est placé sur un axe, l'instant est une seule donnée sur cet axe. L'**intervalle** de temps représente une période de temps. On calcule un intervalle de temps à l'aide de la formule $\Delta t = t_2 - t_1$.

page 3.17

Les modalités d'évaluation

Une variété de **modalités** ont été employées dans ce document pour recueillir des données sur la performance des élèves par rapport à l'atteinte des résultats d'apprentissage ou pour les évaluer. Aucune modalité, aussi bonne soit-elle, ne peut permettre d'évaluer à elle seule toute la vaste gamme des connaissances, des habiletés et des attitudes en jeu. Ces diverses modalités, en conjonction les unes avec les autres, permettent d'obtenir des données pertinentes non seulement sur ce que l'élève a appris, mais aussi sur la manière dont il a appris.

Voici une brève description de chacune des modalités privilégiées et des instruments utilisés pour soutenir cette modalité :

- **L'observation** directe au cours des activités d'apprentissage vise avant tout à obtenir des renseignements sur les attitudes de l'élève à l'égard des sciences, sur ses habiletés scientifiques et technologiques et sur la manière dont elle ou il travaille en groupe ou seul. Ces attitudes et habiletés sont difficiles, voire impossibles, à évaluer d'une autre façon.

Divers types de grille d'observation ont été employés dans ce document. Certaines grilles permettent par exemple de noter par un oui ou par un non l'atteinte des résultats d'apprentissage; d'autres, comprennent une échelle d'appréciation, où les critères de réussite d'une tâche sont décrits de manière détaillée et pour lesquels on assigne des valeurs numériques, d'autres encore sont de type anecdotique sur laquelle il est possible de noter de manière très brève un commentaire. Ces diverses grilles d'observation nécessitent parfois une analyse ultérieure.

- **Les travaux pratiques** consistent en une série de tâches ou d'exercices créés de toutes pièces pour faire ressortir des connaissances, des habiletés ou des attitudes précises en relation avec le programme d'études. **Les projets de recherche**, pour leur part, sont des tâches structurées qui consistent à amener l'élève à étudier en profondeur des questions reliées aux sciences et aux technologies.

Les travaux pratiques (expériences) et les projets de recherche s'accompagnent d'une variété d'instruments d'évaluation, notamment la liste de vérification, la feuille de route ou encore le rapport de laboratoire, qui peut comprendre un plan détaillé de ce qui est attendu à la fin du projet, des échéances et des critères d'évaluation précis. Ces instruments destinés à l'élève lui permettent de mieux cerner son travail, d'une part, et de comprendre l'importance de la planification dans un projet d'envergure, d'autre part. Il arrive parfois que la grille d'évaluation critériée de l'enseignant tienne ce rôle et soit également employée pour donner une idée précise à l'élève de la qualité de son travail grâce à des descriptions claires des niveaux d'habileté atteints pour chaque critère.

- **Les tests** sont employés pour mesurer ce que l'élève a appris à la suite d'un ensemble d'activités d'apprentissage réparties sur une période de temps jugée significative.

Tout instrument qui donne lieu à une note ou à un commentaire peut servir au « testing ». Les tests permettent de faire un retour sur les apprentissages faits en classe et l'enseignant ou l'enseignante peut profiter de cette rétroaction pour améliorer son enseignement. Un test peut servir à l'évaluation diagnostique, formative ou sommative.

- **Les questions objectives** sont des questions qui exigent le choix d'une réponse possible parmi d'autres. Souvent utilisées en guise d'évaluation rapide, elles peuvent, si elles sont bien conçues, permettre de sonder les habiletés cognitives de niveau supérieur.

Les exercices de closure comprenant des phrases lacunaires (à trous) et les questions d'appariement, de vrai ou faux et à choix multiples font partie de la catégorie des questions objectives et sont proposées dans ce document. Des questions de ce genre permettent une notation plus objective.

- **Les questions à développement** requièrent des réponses structurées et écrites. Elles permettent de mieux évaluer la compréhension de concepts ainsi que diverses habiletés cognitives, notamment la synthèse et l'analyse.

Dans le présent document, un grand nombre de questions à développement se trouvent dans la section « En fin » et exigent une réflexion de la part de l'élève faisant appel à la fois aux nouvelles notions apprises et à l'ensemble de ses connaissances sur le sujet.

- **La représentation graphique** permet de comprendre comment l'élève résume, organise et intègre l'information obtenue. Moyen privilégié pour l'évaluation diagnostique, la représentation graphique sert également à l'évaluation formative. Ainsi l'enseignante ou l'enseignant peut plus facilement guider l'élève et intervenir pour corriger une conception erronée.

Les organigrammes, les schémas conceptuels et les divers cadres font partie des outils présentés dans ce document.

- **Le carnet scientifique** est un recueil des réflexions et des réactions de l'élève en rapport avec son apprentissage. La nature des commentaires qui s'y trouvent porte sur le processus d'apprentissage, les difficultés à saisir certaines notions et la perception des activités proposées en classe. Pour l'enseignant ou l'enseignante, ce type d'évaluation permet de mieux comprendre ce qui se passe dans la tête de l'élève en situations d'apprentissage et ainsi d'intervenir plus adéquatement. Certaines suggestions d'enseignement ou d'évaluation font parfois usage du carnet scientifique pour d'autres types d'exercices bien que cela ne soit pas la fonction pour laquelle il a été conçu.
- **Les portfolios** : Un portfolio est un recueil d'échantillons de travaux de l'élève qui témoignent de la progression de ses apprentissages au fil du temps. Le portfolio d'apprentissage ou d'évaluation nécessite la participation et la réflexion de l'élève à l'ensemble du processus d'apprentissage ou d'évaluation.

Pour être un portrait fidèle des apprentissages de l'élève, le portfolio doit contenir une variété de documents ou pièces tels que des travaux de recherche, des rapports d'expérience, des réflexions sur ses apprentissages, des schémas explicatifs, des tests, des auto-évaluations et des évaluations par les pairs, des observations de l'enseignant sous forme de grille d'observation ou de commentaires, des extraits du carnet scientifique, des photos, des cassettes audio ou des vidéocassettes de projet de recherche et des disques numérisés. Chaque échantillon de travail est accompagné d'une fiche d'identification sur laquelle l'élève pose un regard critique quant au travail accompli. La réalisation d'un portfolio est suggérée pour chacun des modules thématiques.

- **L'autoévaluation et l'évaluation par les pairs** : Il est important de souligner que les divers instruments recensés peuvent non seulement être utilisés par l'enseignant ou l'enseignante, mais s'avèrent fort utiles quand on demande aux élèves de s'évaluer eux-mêmes ou que l'on demande aux pairs de porter des jugements sur la performance d'un élève.

Les questions posées aux élèves

De nombreux exemples de questions à poser aux élèves sont parsemés dans le texte des stratégies d'enseignement et d'évaluation. Puisque normalement le texte du *Document de mise en œuvre* s'adresse aux enseignants, l'italique a été utilisé pour faire ressortir des questions à l'intention des élèves.

Les questions que l'on pose aux élèves doivent les inciter à réfléchir en regard de nombreux niveaux taxinomiques de pensée cognitive. De plus, les questions doivent faire appel davantage à la compréhension critique et interprétative qu'à la compréhension littérale. La figure 14 met en relation ces éléments.

| | niveau taxinomique de pensée cognitive | exemple de questions |
|------------------------------|---|--|
| COMPRÉHENSION LITTÉRALE | Identification <ul style="list-style-type: none"> le rappel de l'information qui, quoi, quand, où, comment? verbes tels que décrire, nommer | <ul style="list-style-type: none"> <i>Quelles sont des ressources minérales du Manitoba? (7-4*)</i> <i>Classifiez des vertébrés selon qu'ils sont des poissons, des amphibiens, des reptiles, des oiseaux ou des mammifères? (6-1)</i> |
| | Compréhension <ul style="list-style-type: none"> l'organisation et la sélection des faits et des idées verbes tels que résumer, choisir | <ul style="list-style-type: none"> <i>Quelle est la fonction des interrupteurs dans les circuits électriques? (6-3)</i> <i>De quelle façon le système circulatoire participe-t-il au travail du système digestif? (8-1)</i> |
| COMPRÉHENSION INTERPRÉTATIVE | Application <ul style="list-style-type: none"> l'utilisation de faits, de règles et de principes verbes tels que calculer, lier | <ul style="list-style-type: none"> <i>Quel est le lien entre le sommeil et le maintien d'un corps en bonne santé? (5-1)</i> <i>Comment nos connaissances au sujet des bactéries nous permettent-elles de prévenir un empoisonnement alimentaire?</i> |
| | Analyse <ul style="list-style-type: none"> la séparation d'un tout en ses constituants verbes tels que classier, comparer | <ul style="list-style-type: none"> <i>Dans un bécher, on verse trois fluides qui se déposent, du bas vers le haut, dans l'ordre suivant : l'eau, l'huile et l'alcool. Expliquez, à l'aide de la masse volumique, pourquoi il en est ainsi. (8-3)</i> <i>Quelle force sera requise pour soulever une grosse boîte si on utilise un système à plusieurs poulies? (5-3)</i> |
| | Synthèse <ul style="list-style-type: none"> la combinaison d'idées pour en créer de nouveaux ensembles verbes tels que prédire, inférer | <ul style="list-style-type: none"> <i>Qu'arriverait-il au cycle des saisons si la Terre n'était pas inclinée sur son axe?</i> <i>Comment vous y prendriez-vous pour démontrer que la déforestation influe sur le climat de votre région? (5-4)</i> |
| COMPRÉHENSION CRITIQUE | Évaluation <ul style="list-style-type: none"> l'élaboration d'opinions, de jugements ou de décisions verbes tels que réagir, apprécier | <ul style="list-style-type: none"> <i>Les bienfaits liés à l'exploitation du rayonnement électromagnétique justifient-ils les risques qu'ils font courir à la société? (8-2)</i> <i>Comment pouvez-vous déterminer si le sac-repas fabriqué en classe permet de contrôler efficacement le transfert de l'énergie thermique? (7-2)</i> |

* Indique l'année scolaire et le regroupement auxquels se réfère la question.

Fig. 14 – Relation entre les types de compréhension et les niveaux taxinomiques de la pensée cognitive.

9. LA PLANIFICATION EN SCIENCES

Le Ministère a conçu le programme d'études en Physique au secondaire 3 en fonction de 110 heures d'enseignement. Selon les diverses modalités scolaires, le cours s'échelonne sur cinq ou dix mois.

10. BIBLIOGRAPHIE

- ALBERTA. ALBERTA EDUCATION (1997). *Programme de sciences à l'élémentaire*, Edmonton, Alberta Education.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1993). *Benchmarks for Science Literacy: Project 2061*, New York, Oxford University Press.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1990). *Science for All Americans*, Washington, AAAS Publications.
- BYBEE, R. (1989). *Science and Technology Education for the Elementary Years: Frameworks for Curriculum and Instruction*. Rowley (Massachusetts), The NETWORK.
- CAMPBELL, V., J. LOFSTROM et B. JEROME. (1997). *Decisions Based on Sciences*, Arlington (Virginie), National Science Teachers Association.
- CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION (CANADA) (1996). *Évaluation en sciences : Cadre de classification et critères d'évaluation*, Toronto, Conseil des ministres de l'Éducation (Canada).
- CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION (CANADA) (1997). *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature (M à 12)*, Toronto, Conseil des ministres de l'Éducation (Canada).
- CONSEIL DES SCIENCES DU CANADA (1984). *À l'école des sciences : la jeunesse canadienne face à son avenir, Rapport 36*, Ottawa, Approvisionnement et Services Canada.
- CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'ÉDUCATION (1990). *Améliorer l'éducation scientifique sans compromettre l'orientation des élèves : les sciences de la nature et la mathématique au deuxième cycle du secondaire*, Sainte-Foy (Québec), Conseil supérieur de l'éducation.
- CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'ÉDUCATION (1989). *L'initiation des élèves aux sciences de la nature chez les enfants au primaire*, Sainte-Foy (Québec), Conseil supérieur de l'éducation.
- CORNFIELD, R.J. et autres (1994). *Construire la réussite : L'évaluation comme outil d'intervention*, Montréal, Éditions de la Chenelière.
- DEPARTMENT FOR EDUCATION AND THE WELSH OFFICE (1990). *Technology in the National Curriculum*, Londres, HMSO.
- DE VECCHI, G. et A. GIORDAN. (1988). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche »?*, Nice (France), Z'édicions.
- HESTENES, D., M. WELLS et G. SWACKHAMER (1992). *Force Concept Inventory*, The Physics Teacher, vol. 30, p. 141-151.
- LAROCHELLE, M. et J. DÉSAUTELS. (1992). *Autour de l'idée de science : itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*, Québec, Presses de l'Université Laval.

LEGENDRE, Renald (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation*, 2^e édition, Montréal, Éditions Guérin.

MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1995). *Nouvelles directions pour le renouveau de l'éducation : Les bases de l'excellence*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1996). *Politique curriculaire pour le programme d'immersion française*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1996). *Les résultats d'apprentissage manitobains en français langue première (M-S4)*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1996). *Les résultats d'apprentissage manitobains en français langue seconde – immersion (M-S4)*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1997). *Liens curriculaires : Éléments d'intégration en salle de classe*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1997). *Le succès à la portée de tous les apprenants*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1998). *Études autochtones : Document cadre à l'usage des enseignants des années intermédiaires (5-8)*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1998). *Études autochtones : Document-ressource à l'usage des années intermédiaires (5-8)*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

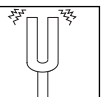
MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1998). *Mathématiques, Cinquième et sixième années : Document de mise en oeuvre*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1998). *Mathématiques, Septième et huitième années : Document de mise en oeuvre*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1998). *La technologie comme compétence de base : Vers l'utilisation, la gestion et la compréhension des technologies de l'information*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.

- MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1999). *Cadre manitobain de résultats d'apprentissage en sciences de la nature (M à 4)*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.
- MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (1999). *La sécurité en sciences de la nature : Un manuel ressource*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.
- MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (2000). *Cadre manitobain de résultats d'apprentissage en sciences de la nature (5 à 8)*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.
- MANITOBA. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE (2000). *Cadre manitobain de résultats d'apprentissage en sciences de la nature (S1)*, Winnipeg, Éducation et Formation professionnelle Manitoba.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*, Washington, National Academy of Sciences.
- NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (1992). *Scope, Sequences, and Coordination of Secondary School Science*, vol. 2, Arlington (Virginie), National Science Teachers Association.
- NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (1993). *The Content Core : A Guide for Curriculum Designers*, Arlington (Virginie), National Science Teachers Association.
- NOUVEAU-BRUNSWICK, TERRE-NEUVE ET LABRADOR, NOUVELLE-ÉCOSSE ET ÎLE DU PRINCE-ÉDOUARD. MINISTÈRES DE L'ÉDUCATION (1995). *Foundation for the Atlantic Canada Science Curriculum*, Saint-Jean (Terre-Neuve), Newfoundland and Labrador Department of Education.
- ONTARIO. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION (1998). *Le curriculum de l'Ontario de la 1^{re} à la 8^e année : Sciences et technologie*, Toronto, Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.
- ORPWOOD, G. et J. P. SOUQUE (1984). *Science Education in Canadian Schools, Background Study 52*, Ottawa, Approvisionnement et Services Canada.
- SUSTAINABILITY MANITOBA (1994). *Sustainable Development Strategy for Manitoba*, Winnipeg, Sustainability Manitoba.
- TARDIF, Jacques (1992). *Pour un enseignement stratégique : L'apport de la psychologie cognitive*, Montréal, Les Éditions Logiques.
- UNESCO (1988). *Le développement durable grâce à l'éducation relative à l'environnement*, Connexion, vol. 13, n° 2.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987). *Our Common Future*, New York, Oxford University Press.

LES ONDES



APERÇU DU REGROUPEMENT

Il y a des ondes partout dans la nature, et une connaissance de leurs caractéristiques et comportements est nécessaire pour comprendre plusieurs phénomènes naturels. Les ondes donnent lieu aussi à un modèle mathématique permettant d'expliquer des phénomènes physiques, tels que le mouvement harmonique simple et la nature de la lumière.

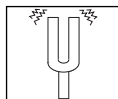
Dans le présent regroupement, l'élève se familiarise avec les propriétés des ondes en étudiant et en observant le comportement d'ondes à une dimension et d'ondes à deux dimensions. L'élève explore aussi la production, la transmission et la réception du son, ainsi que des applications pratiques des ondes sonores.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

Au cours de leurs explorations des ondes, les élèves devront manipuler divers objets tels que des ressorts, des bacs à ondes, des générateurs d'ondes, des boîtes à rayons, des boîtes à fromage, des diapasons, des oscilloscopes et des colonnes d'air fermées. Il est possible aussi d'observer les ondes à l'aide de simulations ou de vidéoclips. L'accès des élèves à Internet est fortement recommandé afin qu'ils puissent y poursuivre leurs recherches.

Les RAS S3P-1-10 à S3P-1-15 sont intimement liés aux RAS S3P-2-06 à S3P-2-09 du regroupement portant sur la nature de la lumière (le modèle ondulatoire de la lumière). L'enseignant peut décider de présenter les caractéristiques des ondes en termes de vagues d'eau, d'ondes lumineuses ou les deux.

Deux pages reproductibles pour le portfolio figurent à la toute fin du regroupement. Elles sont de nature très générale et conviennent au portfolio d'apprentissage ou d'évaluation. Des suggestions pour la cueillette d'échantillons à inclure dans ce portfolio se trouvent dans la section de l' « Introduction générale ».

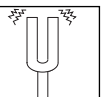


BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

Afin de faciliter la présentation des renseignements et des stratégies d'enseignement et d'évaluation, les RAS de ce regroupement ont été disposés en **blocs d'enseignement**. À souligner que, tout comme le regroupement lui-même, les blocs d'enseignement ne sont que des pistes suggérées pour le déroulement du cours de physique. L'enseignant peut choisir de structurer son cours et ses leçons en privilégiant une autre approche. Quoi qu'il en soit, les élèves doivent réussir les RAS prescrits par le Ministère pour la physique secondaire 3.

Outre les RAS propres à ce regroupement, plusieurs RAS transversaux de la physique secondaire 3 ont été rattachés aux blocs afin d'illustrer comment ils peuvent s'enseigner pendant l'année scolaire.

| | Titre du bloc | RAS inclus dans le bloc | Durée suggérée |
|--------|---|---|-----------------------|
| Bloc A | Introduction aux ondes à une dimension | S3P-1-01, S3P-1-02, S3P-1-03, <i>S3P-0-2d</i> | 120 à 140 min |
| Bloc B | L'équation d'onde | S3P-1-04, <i>S3P-0-2c</i> | 60 à 90 min |
| Bloc C | La réflexion et la transmission d'ondes à une dimension | S3P-1-05, <i>S3P-0-2f</i> | 100 à 120 min |
| Bloc D | La superposition des ondes | S3P-1-06, <i>S3P-0-2d, S3P-0-2f, S3P-0-2g</i> | 100 à 120 min |
| Bloc E | Les technologies de communication | S3P-1-07, <i>S3P-0-1c, S3P-0-3b</i> | 120 à 140 min |
| Bloc F | Introduction aux ondes à deux dimensions | S3P-1-08, S3P-1-09, <i>S3P-0-2c, S3P-0-2f, S3P-0-4a</i> | 60 à 90 min |
| Bloc G | La réflexion d'ondes à deux dimensions | S3P-1-10, <i>S3P-0-2f</i> | 60 à 90 min |
| Bloc H | La réfraction d'ondes rectilignes | S3P-1-11, <i>S3P-0-2f</i> | 100 à 120 min |
| Bloc I | La loi de Snell | S3P-1-12, S3P-1-13, <i>S3P-0-2a, S3P-0-2g</i> | 100 à 120 min |
| Bloc J | La diffraction | S3P-1-14, <i>S3P-0-2a</i> | 60 à 90 min |
| Bloc K | L'interférence des ondes à deux dimensions | S3P-1-15, S3P-1-16, <i>S3P-0-2g</i> | 120 à 140 min |
| Bloc L | Introduction au son | S3P-1-17 | 120 à 140 min |
| Bloc M | Le processus de prise de décisions | S3P-1-18, <i>S3P-0-3c, S3P-0-3d, S3P-0-4c, S3P-0-4d</i> | 140 à 160 min |
| Bloc N | Le processus de design | S3P-1-19, <i>S3P-0-4a, S3P-0-4b, S3P-0-4e</i> | 140 à 160 min |
| Bloc O | L'interférence des ondes sonores | S3P-1-20, <i>S3P-0-2f</i> | 60 à 90 min |
| Bloc P | La résonance | S3P-1-21, <i>S3P-0-2d, S3P-0-2e, S3P-0-2f</i> | 100 à 120 min |
| Bloc Q | La vitesse du son | S3P-1-22, S3P-1-23, <i>S3P-0-2d, S3P-0-2f, S3P-0-2g</i> | 100 à 120 min |
| Bloc R | L'effet Doppler | S3P-1-24 | 60 à 90 min |
| Bloc S | L'échelle des décibels | S3P-1-25, <i>S3P-0-2c</i> | 60 à 90 min |
| Bloc T | Applications des ondes sonores en médecine | S3P-1-26, <i>S3P-0-3a, S3P-0-4b, S3P-0-4e</i> | 120 à 140 min |
| Bloc U | La physique de la musique I | S3P-1-27, <i>S3P-0-4e</i> | 60 à 90 min |
| Bloc V | La physique de la musique II | S3P-1-28 | 60 à 90 min |
| | <i>Récapitulation et objectivation pour le regroupement en entier</i> | | <i>100 à 120 min</i> |
| | Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement | | 35 à 44 h |



RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

Vous trouverez ci-dessous une liste de ressources éducatives qui se prêtent bien à ce regroupement. Il est possible de se procurer la plupart de ces ressources à la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) ou de les commander auprès du Centre des manuels scolaires du Manitoba (CMSM).

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

Du tam-tam au satellite, de Patrice Carré, Presses Pocket (1991). ISBN 2-266-04571-7. DREF 621.38209 C314d.

Éléments de physique : cours d'introduction, de David G. Martindale et Lise Malo, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (1992). ISBN 2-89310-085-6. DREF 530 M384e. CMSM 94775.

Éléments de physique : cours d'introduction – Guide d'enseignement, de David G. Martindale, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (1994). ISBN 2-89310-173-9. DREF 530 M384e.

[R] **L'enseignement des sciences de la nature au secondaire : Une ressource didactique**, d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba (2000). ISBN 0-7711-2139-3. DREF PD. CMSM 93965. [stratégies de pédagogie différenciée]

Physique 3 : ondes, optique et physique moderne – Manuel, de Harris Benson et autres, Éd. du Renouveau pédagogique (1999). ISBN 2-7613-1042-X. CMSM 92330. [référence pour l'enseignant]

Physique 3 : ondes, optique et physique moderne – Solutionnaire, de Harris Benson et autres, Éd. du Renouveau pédagogique (1999). ISBN 2-7613-1094-2. CMSM 92331.

Physique 11 – Guide d'enseignement (avec réponses sur cédérom), de Igor Nowikow et Brian Heimbecker, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2002). ISBN 2-89310-873-3. DREF 530 N948p. CMSM 93007.

Physique 11 – Manuel de l'élève, de Igor Nowikow et Brian Heimbecker, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2002). ISBN 2-89310-872-5. DREF 530 N948p. CMSM 92303.

Physique 12, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1534-4.

La physique et le monde moderne, de Alan Hirsch et Michèle Lemaître, Éd. Guérin (1991). ISBN 2-7601-2400-2. DREF 530.0202 H669p.

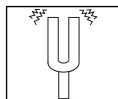
La physique et ses applications, de Alan Hirsch et Fernand Houle, Éd. J. Wiley (1991). ISBN 0-471-79524-0. DREF 530 H669p. CMSM 94785.

Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé, de David G. Martindale et autres, Éd. Guérin (1992). ISBN 2-7601-2445-2. DREF 530 M384p. CMSM 94791.

[R] **La sécurité en sciences de la nature : Un manuel ressource**, d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba (1999). ISBN 0-7711-2136-9. DREF P.D. 371.623 S446. CMSM 91719.

Utilisances 12 : sciences de la vie courante – Manuel, de Mirella Agusta-Palmisano et autres, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2003), ISBN 2-89310-947-0. [production du son et communication par les ondes]

Utilisances 12 : sciences de la vie courante – Guide d'enseignement, de Mirella Agusta-Palmisano et autres, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2003), ISBN 2-89310-948-9.



AUTRES IMPRIMÉS

L'Actualité, Éditions Rogers Media, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 20 fois l'an; articles d'actualité canadienne et internationale]

Ça m'intéresse, Prisma Presse, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; beaucoup de contenu STSE; excellentes illustrations]

Les clés de l'actualité, Milan Presse, Toulouse (France). [tabloïde hebdomadaire à l'intention des adolescents; actualités scientifiques]

Découvrir : La revue de la recherche, Association francophone pour le savoir, Montréal (Québec). [revue bimestrielle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Extra : L'encyclopédie qui dit tout, Trustar Limitée, Montréal (Québec). [supplément hebdomadaire à la revue 7 jours; contient d'excellents articles et renseignements scientifiques de tout genre]

Interface, Association canadienne française pour l'avancement des sciences, Montréal (Québec). [revue bimensuelle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). [revue mensuelle; version française de la revue américaine *Scientific American*]

Protégez-Vous, Le Magazine Protégez-Vous, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle à l'intention de la protection des consommateurs québécois; plusieurs articles sur des technologies de tous les jours et leurs répercussions sociales et médicales]

Québec Science, La Revue Québec Science, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 10 fois l'an]

La Recherche, La Société d'éditions scientifiques, Paris (France). [revue mensuelle française; traite de divers sujets scientifiques]

Science et vie, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles plus techniques]

Science et vie junior, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; explications logiques avec beaucoup de diagrammes]

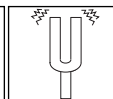
Science illustrée, Groupe Bonnier France, Boulogne-Billancourt (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles bien illustrés et expliqués]

Sciences et avenir, La Revue Sciences et avenir, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles détaillés]

MATÉRIEL DIVERS

Boîtes mystères (Réflexion), Éd. Prolabec. DREF M.-M. 535.3 R332 01. [ensemble multimédia; comprend le guide de l'enseignant + le cahier de l'élève; filtres de couleurs; lentilles et miroirs; bloc de réfraction; lentille semi-circulaire + boîte à rayons]

Boîtes mystères (Réfraction), Éd. Prolabec. DREF M.-M. 535.3 R332 02. [ensemble multimédia; comprend le guide de l'enseignant + le cahier de l'élève; filtres de couleurs; lentilles et miroirs; bloc de réfraction; lentille semi-circulaire + boîte à rayons]



VIDÉOCASSETTES

L'histoire de la technologie, de Jim MacLachian et autres, Mark Rubin Productions (1987). DREF 42900/V4697. [26 min; survol de l'histoire de la technologie de l'aube de la technologie jusqu'à nos jours; réflexions sur l'impact de la technologie sur le monde moderne, ses effets positifs et négatifs et l'importance d'un usage sage et contrôlé de la technologie dans le futur]

Interférence de la lumière, de Mike Gunnourie, Classroom Video (1991). DREF 42898/V4694. [20 min; aborde l'interférence des vagues dans l'eau de même que des ondes lumineuses; narratif très vite]

Les sons : phénomènes vibratoires, de Paul George, Classroom Video (1992). DREF 42899/V4695. [34 min]

[R] **Technologies des communications**, de Louis-Roland Leduc et autres, collection Science-friction, Prod. Téléféric (1996). DREF 42986/V4172. [26 min; vise les élèves du pré-secondaire mais aborde l'évolution des technologies des communications]

Les télécommunications, de Laurent Bonin, collection Omni science, Radio-Québec (1989). DREF JGNN/V8229 + G . [26 min; explique le cheminement d'un appel téléphonique et la façon par laquelle les ondes électromagnétiques transportent images et sons]

DISQUES NUMÉRISÉS ET LOGICIELS

Physique seconde : tout le programme de l'année scolaire, de Jean Hugon, Chambéry (1999). DREF CD-ROM 530 G326 01. [cédérom; émission sonore, propagation sonore, réception sonore, éléments d'acoustique musicale, réflexion et réfraction de la lumière]

SITES WEB

Agence Science-Pressé. <http://www.sciencepresse.qc.ca/index.html> (juillet 2003). [excellent répertoire des actualités scientifiques issues de nombreuses sources internationales; dossiers très informatifs]

Applets et logiciels. <http://www.aboulkhayr.free.fr/entrer.htm> (juillet 2003).

Applets Java de Physique. <http://www.walter-fendt.de/ph14f/index.html> (juillet 2003). [simulations de plusieurs concepts en physique]

À propos des gammes musicales. http://www.inrp.fr/Acces/JIPSP/phymus/m_techni/gammes/gammes.htm (juillet 2003). [octave, gamme, accord parfait majeur]

Le baladeur et le risque de perte auditive. <http://www.hc-sc.gc.ca/francais/vsv/mode/baladeur.html> (juillet 2003).

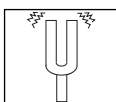
Échographie et doppler couleur. <http://www.montchoisi.ch/radiologie/US.html> (juillet 2003).

Gammes et physique. <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/divers/gamme.html> (juillet 2003).

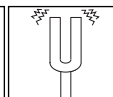
Le grand dictionnaire terminologique. http://www.granddictionnaire.com/_fs_global_01.htm (juillet 2003). [dictionnaire anglais-français de terminologie reliée aux sciences et à la technologie; offert par l'Office de la langue française du Québec]

Les implants cochléaires. <http://www2.globetrotter.net/futursimple/archives/implants.htm> (juillet 2003).

Infoscience-biographies. http://www.infoscience.fr/histoire/biograph/biograph_som.html (juillet 2003). [biographies de plusieurs scientifiques]



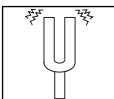
- [R] **Interférences et diffraction.** <http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/enseignement/tp/interferences/interf.html> (juillet 2003). [site de la Faculté des Sciences et des Techniques de Nantes qui présente, dans la section Expériences-découvertes, des vidéo clips de la diffraction d'ondes à deux dimensions]
- Intersciences.** <http://membres.lycos.fr/ajdesor/> (juillet 2003). [excellent répertoire de sites Web portant sur les sciences; un grand nombre de sites en français]
- [R] **Introduction aux simulations.** <http://hypo.ge.ch/www/physic/simulations/introduction.html> (juillet 2003). [simulations d'interférence dans une cuve à ondes]
- Mammographie.** <http://www.montchoisi.ch/radiologie/Mammo.html> (juillet 2003).
- Musique et tempérament.** <http://perso.wanadoo.fr/fbessac/temperament/> (juillet 2003). [site qui contient beaucoup d'information au sujet du son et de la musique]
- Les notes de musique.** <http://www.campus.ecp.fr/~pygmee/ttl/node3.html> (juillet 2003). [gamme diatonique et accord parfait majeur]
- Les ondes.** <http://www.u-bourgogne.fr/PHYSIQUE/ondes/> (juillet 2003).
- [R] **Ondes mécaniques.** <http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/ondmeca.html> (juillet 2003). [simulations]
- [R] **Physique et simulations numériques.** <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/index.html> (juillet 2003). [site de l'Université du Maine qui présente des simulations de plusieurs concepts en physique]
- Physique : ondes.** <http://edu.cpln.ch/Eleve/Disciplines/physique/Ondes.htm> (juillet 2003). [Nombreuses applets en optique géométrique et ondes]
- Pour la science.** <http://www.pourlascience.com/> (juillet 2003). [revue française qui traite des découvertes scientifiques]
- Les prothèses auditives.** http://www.ordreaudio.qc.ca/aide_protheses.htm (juillet 2003).
- Québec Science.** http://www.cybersciences.com/Cyber/0.0/0_0.asp (juillet 2003). [revue canadienne qui traite des découvertes scientifiques]
- Qu'est-ce que le bruit?** <http://www.canadianaudiology.ca/french/q&a/Pollution-Par-le-bruit.html> (juillet 2003)
- La réflexion, la réfraction et les interférences.** <http://perso.wanadoo.fr/altair2000/biblio/refraction.html> (juillet 2003). [démontre la réfraction des ondes à deux dimensions]
- Sciences en ligne.** <http://www.sciences-en-ligne.com/pages/accueil.htm> (juillet 2003). [excellent magazine sur les actualités scientifiques; comprend un dictionnaire interactif pour les sciences, à l'intention du grand public]
- Sciences et avenir quotidien.** <http://quotidien.sciencesetavenir.com/> (juillet 2003). [revue française qui traite des actualités scientifiques]
- [R] **Tacoma Narrows Bridge.** http://www.civeng.carleton.ca/Exhibits/Tacoma_Narrows/ (juillet 2003). [vidéo clip de l'effondrement du pont Tacoma Narrows]
- Théorie de la musique.** <http://theoriedelamusique.com/musique/pageprincipale.html> (juillet 2003). [site qui explique plusieurs termes reliés à la musique]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

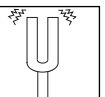
L'élève sera apte à :

- S3P-1-01 définir l'onde comme un transfert d'énergie, entre autres le milieu, l'onde mécanique, l'impulsion, l'onde périodique;
RAG : D4, E4
- S3P-1-02 décrire des caractéristiques d'une onde transversale et d'une onde longitudinale, en faire la démonstration et en tracer un diagramme, entre autres la crête, le creux, l'amplitude, la longueur d'onde, la compression, la raréfaction;
RAG : D4, E4
- S3P-1-03 comparer la fréquence d'une onde périodique à sa période, entre autres $T = \frac{1}{f}$;
RAG : D4, E4
- S3P-1-04 dériver l'équation d'onde ($v = f\lambda$) et résoudre des problèmes au moyen de cette équation;
RAG : C2, D4
- S3P-1-05 décrire la réflexion et la transmission des ondes à une dimension, en faire la démonstration et en tracer un diagramme, entre autres l'extrémité libre, l'extrémité fixe, divers milieux;
RAG : C6
- S3P-1-06 tracer un diagramme illustrant la combinaison de deux ondes selon le principe de superposition, entre autres l'interférence constructive, l'interférence destructive, le nœud, le ventre, l'onde stationnaire;
RAG : C6
- S3P-1-07 mener une recherche sur le développement historique d'une importante technologie de communication par ondes,
par exemple le téléphone, la radio, la télévision, le téléphone cellulaire, la communication par satellite, les détecteurs de mouvements, les télécommandes;
RAG : B1, B4
- S3P-1-08 décrire les ondes à deux dimensions, et en donner des exemples;
RAG : C6
- S3P-1-09 comparer le front d'onde au rayon d'onde;
RAG : C6
- S3P-1-10 décrire la réflexion des ondes rectilignes et des ondes circulaires, en faire une démonstration et en tracer un diagramme, entre autres les réflecteurs rectilignes et paraboliques;
RAG : C6
- S3P-1-11 décrire la réfraction des ondes rectilignes, en faire la démonstration et en tracer un diagramme;
RAG : C6, D4
- S3P-1-12 dériver la loi de Snell à partir des relations entre la longueur d'onde, la vitesse et les angles d'incidence et de réfraction;
RAG : A1, A2
- S3P-1-13 mener une expérience pour démontrer la loi de Snell;
RAG : C2
- S3P-1-14 décrire la diffraction d'une onde dans l'eau, en faire la démonstration et en tracer un diagramme;
RAG : C6
- S3P-1-15 décrire comment les interférences constructives et destructives produisent une figure d'interférence à partir de deux sources ponctuelles, en faire la démonstration et en tracer un diagramme;
RAG : A2



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

- S3P-1-16 trouver le lien qui existe entre les différences de marche, $\left| \overline{P_n S_1} - \overline{P_n S_2} \right| = \left(n - \frac{1}{2} \right) \lambda$, par rapport à la figure d'interférence générée par deux sources ponctuelles;
RAG : A2
- S3P-1-17 expliquer la production, la transmission et la détection du son qui se fait à partir de dispositifs techniques et à partir d'éléments dans la nature,
par exemple la production d'un son par un objet qui vibre, le tambour, la corde de guitare, le piézocristal, le haut-parleur, et par le grillon, l'oiseau-mouche, le dauphin;
RAG : C5, D1
- S3P-1-18 utiliser le processus de prise de décisions pour examiner un enjeu STSE lié au bruit dans l'environnement,
par exemple le bang supersonique, le bruit de la circulation, la salle de concert, le haut-parleur à plein volume, la souffleuse à feuilles;
RAG : C3, C4
- S3P-1-19 concevoir, construire ou assembler un appareil technologique pratique pouvant produire, transmettre ou contrôler des ondes sonores, en faire l'essai et la démonstration,
par exemple l'écran acoustique ou le casque anti-bruit, le haut-parleur électromagnétique, la chambre d'écho, le microphone, l'instrument de musique, le micro de guitare, l'accordeur électronique, le détecteur sonar, la salle anéchoïque, le dispositif de communication;
RAG : C3, C4
- S3P-1-20 décrire et expliquer en termes qualitatifs ce qui se produit lorsqu'une onde sonore interagit ou interfère avec une autre,
entre autres la production de battements;
RAG : B4, D4
- S3P-1-21 mener une expérience pour analyser le principe de la résonance et découvrir les conditions permettant de reproduire le phénomène de résonance dans divers milieux,
entre autres les colonnes d'air ouvertes et fermées de différentes longueurs;
RAG : C2, C4
- S3P-1-22 mener une expérience pour calculer la vitesse du son dans l'air;
RAG : B3, C2
- S3P-1-23 comparer la vitesse du son dans divers milieux et décrire l'effet de la matière et de la température sur la vitesse du son;
RAG : B3, C2
- S3P-1-24 expliquer l'effet Doppler, et prédire en termes qualitatifs les changements de fréquence constatés par un observateur au repos et un observateur en mouvement;
RAG : C2, D4
- S3P-1-25 définir en termes qualitatifs l'échelle des décibels et donner des exemples correspondant à diverses intensités sonores;
RAG : B3, B5
- S3P-1-26 décrire diverses applications médicales des ondes sonores et évaluer la contribution des technologies qui font appel au son dans les domaines de la santé et de la sécurité,
par exemple les prothèses auditives, l'échographie, le stéthoscope, l'implant cochléaire;
RAG : B1, B2
- S3P-1-27 expliquer en termes qualitatifs les effets de la fréquence, de l'amplitude et de la forme de l'onde sur la hauteur, l'intensité et la qualité des sons produits par les instruments musicaux,
entre autres les instruments à vent, les instruments à percussion, les instruments à cordes;
RAG : B4, E1
- S3P-1-28 décrire les rapports de fréquence d'une octave de la gamme diatonique et des accords parfaits majeurs.
RAG : B4, E1

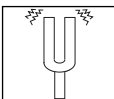


RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

L'élève sera apte à :

Nature des sciences

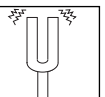
- S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques;
RAG : A2
- S3P-0-1b décrire l'importance de la revue par des pairs dans l'évaluation et l'acceptation de théories, de données et d'affirmations;
RAG : A4, B1
- S3P-0-1c rattacher l'historique des idées scientifiques et de la technologie à la forme et à la fonction du savoir scientifique actuel;
RAG : B1
- S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées;
RAG : A1, A2
- S3P-0-1e établir la différence entre l'explication des phénomènes naturels par les théories scientifiques, et la description des régularités et des constantes de la nature au moyen des lois scientifiques;
RAG : A2, D6



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

- S3P-0-2a employer les modes de représentation visuelle, numérique, symbolique ou graphique pour découvrir et représenter des relations tout en choisissant le mode le plus approprié;
RAG : C2, C3
- S3P-0-2b mener une expérience scientifique en posant une question initiale, en énonçant des hypothèses et en planifiant, en adaptant ou en poussant plus loin une démarche expérimentale;
RAG : C5, C7
- S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants;
RAG : A2, C8
- S3P-0-2d estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant les unités du Système international (SI);
RAG : C4, C6
- S3P-0-2e évaluer la pertinence, la fiabilité et l'adéquation des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres les sources d'erreur et l'écart dans les résultats;
RAG : C5, C8
- S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié,
entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;
RAG : C6, C7
- S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables;
RAG : C3, C8
- S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs,
entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs;
RAG : C2, C3
- S3P-0-2i sélectionner et intégrer de l'information obtenue à partir d'une variété de sources,
entre autres imprimées, électroniques, humaines;
RAG : C6, C8



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

S3P-0-3a analyser, selon diverses perspectives, des avantages et des inconvénients pour la société et l'environnement lorsqu'on applique des connaissances scientifiques ou on introduit une technologie particulière;

RAG : B1, B2

S3P-0-3b décrire des exemples d'évolution de la technologie à la suite de progrès dans le savoir scientifique, et des exemples d'évolution du savoir scientifique résultant d'innovations technologiques;

RAG : A2, B2

S3P-0-3c relever des enjeux d'ordre social liés aux sciences et à la technologie, en tenant compte des besoins humains et environnementaux et des considérations éthiques;

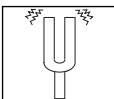
RAG : B3, B5

S3P-0-3d appliquer le processus de prise de décisions à un enjeu STSE;

RAG : B5, C4

S3P-0-3e soulever un problème, en rechercher une solution technologique ou autre et la réaliser;

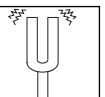
RAG : B4, C4, C6



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Attitudes

- S3P-0-4a faire preuve d'habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : C1, C2
- S3P-0-4b travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux;
RAG : C7
- S3P-0-4c faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique, de résoudre des problèmes et d'examiner en enjeu STSE;
RAG : C3, C5
- S3P-0-4d acquérir un sens de responsabilité personnelle et collective au regard de l'impact des êtres humains sur l'environnement, et prendre en considération les conséquences d'actions prévues sur la société et l'environnement;
RAG : B1, B2
- S3P-0-4e manifester un intérêt soutenu et plus éclairé dans les sciences et les questions d'ordre scientifique;
RAG : B4, B5
- S3P-0-4f valoriser l'ouverture d'esprit, le scepticisme, l'honnêteté, l'exactitude, la précision et la persévérance en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques.
RAG : C5



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX

Le but des résultats d'apprentissage manitobains en sciences de la nature est d'inculquer à l'élève un certain degré de culture scientifique qui lui permettra de devenir un citoyen renseigné, productif et engagé. **Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :**

Nature des sciences et de la technologie

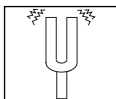
- A1. reconnaître à la fois les capacités et les limites des sciences comme moyen de répondre à des questions sur notre monde et d'expliquer des phénomènes naturels;
- A2. reconnaître que les connaissances scientifiques se fondent sur des données, des modèles et des explications, et évoluent à la lumière de nouvelles données et de nouvelles conceptualisations;
- A3. distinguer de façon critique les sciences de la technologie, en fonction de leurs contextes, de leurs buts, de leurs méthodes, de leurs produits et de leurs valeurs;
- A4. identifier et apprécier les contributions qu'ont apportées des femmes et des hommes issus de diverses sociétés et cultures à la compréhension de notre monde et à la réalisation d'innovations technologiques;
- A5. reconnaître que les sciences et la technologie interagissent et progressent mutuellement;

Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

- B1. décrire des innovations scientifiques et technologiques, d'hier et d'aujourd'hui, et reconnaître leur importance pour les personnes, les sociétés et l'environnement à l'échelle locale et mondiale;
- B2. reconnaître que les poursuites scientifiques et technologiques ont été et continuent d'être influencées par les besoins des humains et le contexte social de l'époque;
- B3. identifier des facteurs qui influent sur la santé et expliquer des liens qui existent entre les habitudes personnelles, les choix de style de vie et la santé humaine aux niveaux personnel et social;
- B4. démontrer une connaissance et un intérêt personnel pour une gamme d'enjeux, de passe-temps et de métiers liés aux sciences et à la technologie;
- B5. identifier et démontrer des actions qui favorisent la durabilité de l'environnement, de la société et de l'économie à l'échelle locale et mondiale;

Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques

- C1. reconnaître les symboles et les pratiques liés à la sécurité lors d'activités scientifiques et technologiques ou dans sa vie de tous les jours, et utiliser ces connaissances dans des situations appropriées;
- C2. démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il entreprend une étude scientifique;
- C3. démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il s'engage dans la résolution de problèmes technologiques;
- C4. démontrer des habiletés de prise de décisions et de pensée critique lorsqu'elle ou il adopte un plan d'action fondé sur de l'information scientifique et technologique;



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX (suite)

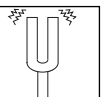
- C5. démontrer de la curiosité, du scepticisme, de la créativité, de l'ouverture d'esprit, de l'exactitude, de la précision, de l'honnêteté et de la persistance, et apprécier l'importance de ces qualités en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques;
- C6. utiliser des habiletés de communication efficaces et des technologies de l'information afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques;
- C7. travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui lors de ses activités scientifiques et technologiques;
- C8. évaluer, d'une perspective scientifique, les idées et les renseignements rencontrés au cours de ses études et dans la vie de tous les jours;

Connaissances scientifiques essentielles

- D1. comprendre les structures et les fonctions vitales qui sont essentielles et qui se rapportent à une grande variété d'organismes, dont les humains;
- D2. comprendre diverses composantes biotiques et abiotiques, ainsi que leurs interactions et leur interdépendance au sein d'écosystèmes, y compris la biosphère en entier;
- D3. comprendre les propriétés et les structures de la matière ainsi que diverses manifestations et applications communes des actions et des interactions de la matière;
- D4. comprendre comment la stabilité, le mouvement, les forces ainsi que les transferts et les transformations d'énergie jouent un rôle dans un grand nombre de contextes naturels et fabriqués;
- D5. comprendre la composition de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la lithosphère ainsi que des processus présents à l'intérieur de chacune d'elles et entre elles;
- D6. comprendre la composition de l'Univers et les interactions en son sein ainsi que l'impact des efforts continus de l'humanité pour comprendre et explorer l'Univers;

Concepts unificateurs

- E1. décrire et apprécier les similarités et les différences parmi les formes, les fonctions et les régularités du monde naturel et fabriqué;
- E2. démontrer et apprécier comment le monde naturel et fabriqué est composé de systèmes et comment des interactions ont lieu au sein de ces systèmes et entre eux;
- E3. reconnaître que des caractéristiques propres aux matériaux et aux systèmes peuvent demeurer constantes ou changer avec le temps et décrire les conditions et les processus en cause;
- E4. reconnaître que l'énergie, transmise ou transformée, permet à la fois le mouvement et le changement, et est intrinsèque aux matériaux et à leurs interactions.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc A Introduction aux ondes à une dimension

L'élève sera apte à :

S3P-1-01 définir l'onde comme un transfert d'énergie, entre autres le milieu, l'onde mécanique, l'impulsion, l'onde périodique;
RAG : D4, E4

S3P-1-02 décrire des caractéristiques d'une onde transversale et d'une onde longitudinale, en faire la démonstration et en tracer un diagramme, entre autres la crête, le creux, l'amplitude, la longueur d'onde, la compression, la raréfaction;
RAG : D4, E4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

1

Inviter les élèves à dresser une liste des ondes qu'ils observent dans la vie de tous les jours et faire une mise en commun. Inviter les élèves à noter toute question qu'ils ont par rapport aux ondes sur un feuillet autocollant et afficher les questions pour y répondre plus tard dans le regroupement.

En quête

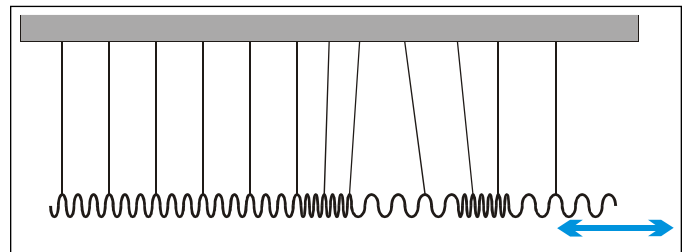
1

A) Inviter les élèves à faire une activité kinesthésique pour simuler le mouvement d'une onde transversale tel que font les spectateurs à un match de hockey ou de football (une foule qui fait la vague). Les élèves représentent les particules du milieu en se déplaçant verticalement au fur et à mesure que la perturbation se déplace horizontalement parmi eux. Une fois la perturbation passée, le milieu retourne à son état original. Pour illustrer la fréquence et la période, les élèves entreprennent cet exercice pendant un intervalle prédéterminé et comptent le nombre de fois que la perturbation passe par eux. À partir des observations, ils peuvent calculer la fréquence (le nombre de perturbations par unité de temps) et la période (le temps pour un cycle complet).

Des renseignements pour l'enseignant au sujet des ondes sont présentés à l'annexe 1.

B) Inviter les élèves à explorer les caractéristiques des ondes transversales et longitudinales au moyen de ressorts tels que les Slinky^{MC} et les ressorts à boudin.

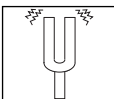
Les élèves peuvent mener ces explorations en petits groupes sur le sol ou sur une table. On peut faciliter l'observation des ondes longitudinales en suspendant le ressort au plafond.



Les élèves ont souvent de la difficulté à distinguer le mouvement de l'onde du mouvement des particules du milieu en raison de la rapidité de mouvement des particules. Pour faciliter la compréhension des élèves, fixer un morceau de ruban gommé à l'une des spires du ressort. Les élèves peuvent enregistrer le mouvement du ressort sur vidéocassette et analyser le mouvement de l'onde en faisant avancer la vidéocassette image par image. Pour pratiquer leurs habiletés en estimation et en mesure, les élèves peuvent également mesurer l'amplitude et la longueur d'onde au moyen d'une échelle.

C) Les élèves mélangent souvent la période et la fréquence. Pour les amener à bien construire leur savoir quant à ces deux phénomènes, inviter les élèves à faire des explorations telles que les suivantes :

- Les élèves déterminent la fréquence de leur rythme cardiaque en comptant le nombre de battements de cœur dans un intervalle de temps donné.
- Les élèves déterminent la fréquence des signaux clignotants d'une voiture en comptant le nombre de fois que les signaux s'allument dans un intervalle de temps donné.



S3P-1-03 comparer la fréquence d'une onde périodique à sa période,
entre autres $T = \frac{1}{f}$;

RAG : D4, E4

S3P-0-2d estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant les unités du Système international (SI).
RAG : C4, C6

En fin

1

Inviter les élèves à rédiger un court texte dans leur carnet scientifique :

- *Imaginez-vous sur un radeau dans le lac Winnipeg. Décrivez le mouvement du radeau par rapport au mouvement des vagues.*
- *Imaginez-vous faisant du surf dans l'océan. Décrivez l'amplitude, la période, la longueur d'onde et la fréquence de la vague.*

OU

2

Inviter les élèves à consolider leur compréhension des termes suivants au moyen du procédé tripartite (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.9 et 10.10, et l'annexe 10.2) : *milieu, onde transversale, onde longitudinale, crête, creux, fréquence, période, raréfaction, compression, onde mécanique, impulsion, amplitude, longueur d'onde.*

Stratégies d'évaluation suggérées

1

Inviter les élèves à distinguer les ondes transversales des ondes longitudinales et la fréquence de la période au moyen de cadres de comparaison (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.18 et l'annexe 10.4).

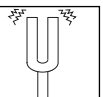
2

Inviter les élèves à démontrer leur compréhension des concepts en :

- relevant des exemples d'ondes transversales et longitudinales et en expliquant pourquoi ils constituent des ondes;
- étiquetant des diagrammes d'ondes transversales et longitudinales;
- mesurant l'amplitude et la longueur d'ondes données;
- calculant la fréquence et la période d'un mouvement donné.

3

Évaluer de temps à autre l'exactitude des données recueillies lorsque les élèves déterminent l'amplitude et la longueur d'onde.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc B
L'équation d'onde

L'élève sera apte à :

S3P-1-04 dériver l'équation d'onde ($v = f\lambda$) et résoudre des problèmes au moyen de cette équation;
RAG : C2, D4

S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants.
RAG : A2, C8

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶ Activer les connaissances antérieures des élèves (*Sciences de la nature 20F*, RAS S2-3-01) en les invitant à résoudre des problèmes de vitesse constante au moyen de la formule $v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$. Inviter les élèves également à manipuler la formule pour exprimer Δd et Δt et en fonction des autres variables. Inviter les élèves à exprimer les relations de proportionnalité parmi les trois variables : $\Delta t \propto \frac{1}{v}$; $\Delta d \propto v$; $\Delta d \propto \Delta t$. Souligner que cette formule s'applique uniquement aux situations où la vitesse est constante.

En quête

❶ A) Inviter les élèves à explorer le rapport entre la vitesse, la fréquence et la longueur d'onde en faisant des ondes transversales dans un ressort sur le sol ou sur une table. S'assurer que les élèves comprennent que la vitesse d'une onde est directement proportionnelle à sa fréquence et à sa longueur d'onde, et que la fréquence et la longueur d'onde sont inversement proportionnelles : $v \propto f$; $v \propto \lambda$; $\lambda \propto \frac{1}{f}$. Demander aux élèves de dériver la formule $v = f\lambda$ à partir de ces observations.

B) Amener les élèves à constater que la formule $v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ s'applique aux ondes car ces dernières se déplacent à vitesse constante dans un milieu donné. Pour une onde, $\Delta d = \lambda$ et $\Delta t = T$. Donc $v = \frac{\lambda}{T}$. Comme $f = \frac{1}{T}$, on peut récrire la formule en fonction de la fréquence : $v = f\lambda$.

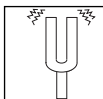
C) Inviter les élèves à résoudre des problèmes mettant en relation la vitesse, la longueur d'onde et la fréquence ou la période (voir l'annexe 2). Le corrigé figure à l'annexe 3.

En fin

❶ Inviter les élèves à rédiger des notes explicatives de résolution de problèmes (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.14 et 13.15).

OU

❷ Inviter les élèves à consacrer une page de leur carnet scientifique aux formules de physique et à y consigner cette nouvelle formule.



Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter les élèves à rédiger leurs propres problèmes mettant en relation la vitesse, la longueur d'onde et la fréquence ou la période, et à échanger leurs problèmes avec un autre.

❷

Inviter les élèves à noter dans leur carnet scientifique les étapes nécessaires pour dériver l'équation d'onde. Encourager les élèves à utiliser la technique des notes explicatives pour expliquer chaque étape de la dérivation (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.14 et 13.15).



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc C
**La réflexion et la
transmission d'ondes
à une dimension**

L'élève sera apte à :

S3P-1-05 décrire la réflexion et la transmission des ondes à une dimension, en faire la démonstration et en tracer un diagramme, entre autres l'extrémité libre, l'extrémité fixe, divers milieux;
RAG : C6

S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia.
RAG : C6, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Inviter les élèves à mettre en commun leur compréhension actuelle des termes *réflexion* et *transmission* au moyen d'une discussion

En quête



A) Inviter les élèves à compléter un cadre de notes au sujet de la réflexion et de la transmission d'ondes à une dimension (voir l'annexe 4). Le corrigé figure à l'annexe 5.

B) Proposer aux élèves d'observer les phénomènes de réflexion et de transmission au moyen de ressorts de taille différente tels que les Slinky^{MC} et les ressorts à boudin (voir l'annexe 6). Alors qu'il est facile d'observer la réflexion pour les extrémités fixes, il est plus difficile de l'observer pour les extrémités libres. Il pourrait s'avérer utile d'enregistrer le mouvement sur vidéocassette et de l'analyser image par image.

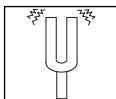
Il est également possible de faire des observations à partir de simulations, par exemple celle d'une corde vibrante sur le site *Web Physique et simulations numériques* de l'Université du Maine.

Faire une mise en commun des observations des élèves. Au besoin, fournir des éléments de réponses (voir l'annexe 7).

En fin



Inviter les élèves à développer un aide-mémoire relatif aux phénomènes de réflexion et de transmission, par exemple pour des extrémités fixes, « flippe », et pour les extrémités libres, « laisse faire ».



Stratégies d'évaluation suggérées



Inviter les élèves à compléter une version modifiée de l'annexe 6.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc D
**La superposition
des ondes**

L'élève sera apte à :

S3P-1-06 tracer un diagramme illustrant la combinaison de deux ondes selon le principe de superposition, entre autres l'interférence constructive, l'interférence destructive, le nœud, le ventre, l'onde stationnaire;
RAG : C6

S3P-0-2d estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant les unités du Système international (SI);
RAG : C4, C6

Stratégies d'enseignement suggérées

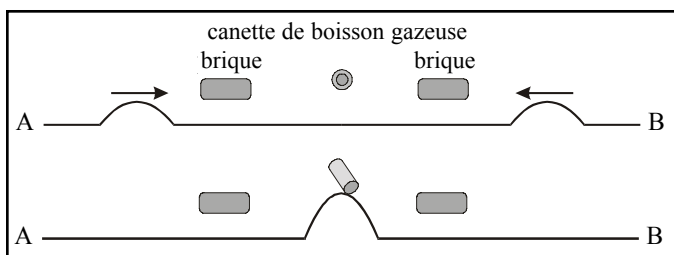
STRATÉGIE N° 1

En tête

1 Proposer aux élèves d'effectuer une expérience pour illustrer la superposition de deux ondes. Inviter les élèves à se regrouper par deux et à tenir les extrémités opposées d'un ressort.

Des renseignements pour l'enseignant au sujet de la superposition des ondes sont présentés à l'annexe 8.

Leur demander d'envoyer en même temps une impulsion assez grande sans pour autant toucher les briques. En se rencontrant, les impulsions se superposent. L'interférence constructive qui en résulte est suffisante pour renverser la canette de boisson gazeuse. Les impulsions continuent à se déplacer dans le sens original manquant à peine les briques de nouveau. Inviter les élèves à formuler une hypothèse pour expliquer leurs observations.



En quête

1 A) Inviter les élèves à enregistrer sur vidéocassette l'expérience de la section « En tête » et à mesurer l'amplitude de chaque impulsion initiale et celle de la superposition des deux impulsions. Inviter les élèves à vérifier leur hypothèse en fonction de ces nouvelles données et à la modifier au besoin.

Amener les élèves à comprendre que deux impulsions agissant sur les mêmes particules du milieu en même temps se superposent, et présenter les concepts d'interférence constructive et d'interférence destructive.

B) Inviter les élèves à effectuer des exercices de superposition à partir d'ondes de forme idéale (voir l'annexe 9, *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 309-311, ou *La physique et le monde moderne*, p. 248).

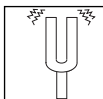
C) Proposer aux élèves de mener une expérience pour étudier les ondes stationnaires :

1. attacher une corde à sauter, une corde téléphonique ou un ressort à un objet fixe tel qu'une poignée de porte ou une main immobile;
2. bouger l'autre extrémité avec une fréquence constante de sorte à générer des points stationnaires (fixer un morceau de ruban gommé aux nœuds pour faciliter l'observation);
3. tracer une esquisse de la régularité créée dans votre carnet scientifique;
4. augmenter la fréquence plusieurs fois en traçant une nouvelle esquisse chaque fois.

Présenter les termes *onde stationnaire*, *nœud* et *ventre*, et inviter les élèves à compter le nombre de nœuds et de ventres dans chaque esquisse et à répondre aux questions suivantes dans leur carnet scientifique :

- *Quel est le rapport entre le nombre de nœuds et de ventres? (Le nombre de ventres est toujours inférieur de un au nombre de nœuds.)*

On peut aussi faire des observations à partir de simulations, par exemple celle d'ondes stationnaires sur le site Web *Physique et simulations numériques*.

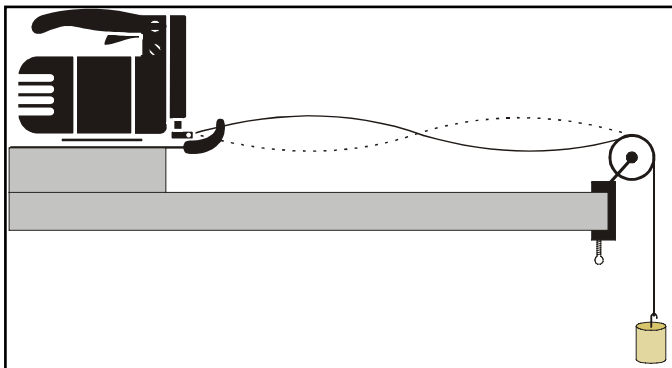


S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;
RAG : C6, C7

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables.
RAG : C3, C8

- *Quel est le rapport entre le nombre de nœuds et la fréquence dans une onde stationnaire? (Le nombre de nœuds est directement proportionnel à la fréquence.) Expliquer en quoi les ondes stationnaires résultent du phénomène de superposition (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 293, *La physique et le monde moderne*, p. 244, ou *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 471).*

Il est également possible de faire une démonstration devant la classe à l'aide d'une scie sauteuse sans lame. Préparer le montage ci-dessous en attachant un bout d'une ficelle à la scie et l'autre bout à une masse de 1 kg. Les élèves peuvent tracer des esquisses de la régularité observée.



En fin

1 Inviter les élèves à préparer des exercices de superposition, y compris les réponses, et à se les échanger afin de s'autoévaluer.

OU

2 Former des groupes d'élèves et leur demander d'organiser à l'aide d'un schéma conceptuel les termes suivants *interférence constructive, interférence destructive, nœud, ventre, onde stationnaire, superposition*.

Stratégies d'évaluation suggérées

- 1 Inviter les élèves à faire la distinction entre interférence constructive et interférence destructive, et entre nœud et ventre au moyen de diagrammes ou de cadres de rapports entre concepts (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.20-11.22 et annexe 11.1).
- 2 Inviter les élèves à compléter le test de l'annexe 10.
- 3 Ramasser le carnet scientifique des élèves afin d'évaluer leur habileté à interpréter des régularités et des tendances dans les données.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc E Les technologies de communication

L'élève sera apte à :

S3P-1-07 mener une recherche sur le développement historique d'une importante technologie de communication par ondes, par exemple le téléphone, la radio, la télévision, le téléphone cellulaire, la communication par satellite, les détecteurs de mouvements, les télécommandes;
RAG : B1, B4

S3P-0-1c rattacher l'historique des idées scientifiques et de la technologie à la forme et à la fonction du savoir scientifique actuel;
RAG : B1

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

Inviter les élèves à faire un remue-méninges pour relever des technologies dont le fonctionnement dépend des ondes. Inviter les élèves à repasser la liste en soulignant les technologies de communication. Ajouter à la liste au besoin pour mettre une grande sélection de thèmes à la disposition des élèves (voir la liste d'exemples ci-contre).

Exemples de technologies de communication :

Echographie, microphone, radar, radio, réflectoscope, satellite de télécommunications, sonar, sonde de mouvement, sondeur à ultrasons, télécommande, téléphone, téléphone cellulaire, modem, récepteur GPS.

En quête

A) Inviter les élèves à mener une recherche sur le développement historique d'une des technologies de communication énumérées dans la section « En tête ». Les élèves peuvent choisir parmi une variété de formats pour leur projet, par exemple une affiche, une bande dessinée, une page Web, une présentation multimédia, un rapport d'actualité, une vidéo ou tout autre format approprié. Le travail doit comprendre les renseignements suivants :

- ✓ nom de la technologie et ses utilisations;
- ✓ évolution de la technologie au fil des années et percées scientifiques qui ont permis cette évolution;
- ✓ rôle des ondes dans le fonctionnement de la technologie;
- ✓ bibliographie (voir l'annexe 11).

Inviter les élèves à préparer et à remettre trois questions liées à leur projet, ainsi que les réponses. Compiler ces questions dans une feuille de route qui servira à guider les élèves lors de l'exposition des projets.

B) Présenter la vidéocassette *Technologies des communications* (voir la liste de ressources éducatives pour l'enseignant) ou tout autre documentaire portant sur le développement historique d'une technologie de communication et inviter les élèves à en préparer un résumé.

C) Inviter les élèves à faire une exposition de leurs projets dans la classe et à se renseigner au sujet des autres technologies de communication en examinant chaque projet et en répondant aux questions de la feuille de route.

En fin

Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes dans leur carnet scientifique :

- De quel aspect de votre projet êtes-vous particulièrement fier? Pourquoi?
- Quel aspect de votre projet retravailleriez-vous si vous aviez plus de temps à votre disposition?
- Est-ce que vous possédez un talent particulier qui s'est démontré particulièrement utile pour ce projet de recherche? Si oui, décrivez-le.
- Dans un projet d'envergure comme celui-ci, il y a souvent des moments frustrants. Décrivez-en un ou deux et expliquez comment vous les avez surmontés.
- Vous avez lu les projets des autres élèves. Quel projet vous semble le meilleur? Pourquoi?
- Ce n'est sûrement pas le premier projet de recherche que vous avez fait. Est-ce que vous trouvez les projets de recherche plus faciles maintenant qu'autrefois? Expliquez votre point de vue.



S3P-0-2i sélectionner et intégrer de l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines;
RAG : C6, C8

S3P-0-3b décrire des exemples d'évolution de la technologie à la suite de progrès dans le savoir scientifique, et des exemples d'évolution du savoir scientifique résultant d'innovations technologiques.
RAG : A2, B2

Stratégies d'évaluation suggérées

① Évaluer les projets des élèves au moyen d'une rubrique (voir l'annexe 12).



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc F **Introduction aux ondes à deux dimensions**

L'élève sera apte à :

S3P-1-08 décrire les ondes à deux dimensions, et en donner des exemples;
RAG : C6

S3P-1-09 comparer le front d'onde au rayon d'onde;
RAG : C6

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à s'imaginer en train de voler au-dessus d'un étang parfaitement calme.

Le terme *train d'onde* est synonyme de *front d'onde*.

Que se passe-t-il quand on y laisse tomber un caillou?
Inviter les élèves à s'imaginer en train de voler au-dessus d'un lac près d'une plage parfaitement rectiligne. *De quoi ont l'air les vagues?*

En quête

❶

A) Faire une démonstration des ondes à deux dimensions en plaçant un bac à ondes (ou une grosse boîte de Pétri) sur le rétroprojecteur et en perturbant la surface de l'eau à l'aide d'une source ponctuelle (par exemple toucher l'eau du doigt, laisser tomber des gouttes d'un compte-gouttes). Inviter les élèves à tracer un diagramme de leurs observations. Présenter les termes *onde circulaire*, *front d'onde* et *rayon* en soulignant les ressemblances et les différences entre les deux derniers (au point d'intersection, les deux se propagent dans le même sens mais sont perpendiculaires l'un à l'autre; pour un front d'onde donné, il existe un nombre infini de rayons). Inviter les élèves à étiqueter le diagramme qu'ils viennent de tracer.

Il peut s'avérer utile d'enregistrer le mouvement d'ondes sur vidéo-cassette et de l'analyser image par image.

B) Discuter avec les élèves du fonctionnement du bac à ondes, y compris les mesures de sécurité pertinentes et son utilité pour l'étude des ondes à deux dimensions. Souligner le fait que les crêtes d'eau font converger la lumière alors que les creux d'eau font diverger la lumière. Ainsi, on observe des zones claires correspondant aux crêtes et des zones sombres correspondant aux creux. Inviter les élèves à produire des ondes circulaires dans le bac à ondes et à mesurer la distance entre deux crêtes successives, ce qui représente la longueur d'onde.

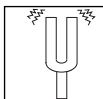
L'emploi des lampes et du rétroprojecteur près des bacs d'eau pose un danger d'électrocution. Il faut toujours se sécher les mains avant de manipuler les appareils électriques. De plus, il ne faut jamais immerger un appareil électrique dans l'eau. Pour de plus amples renseignements quant aux dangers des appareils électriques, consulter *La sécurité en sciences de la nature*, p. 9.27-9.29.

C) Inviter les élèves à produire des fronts d'onde rectilignes dans le bac à ondes (en y insérant une règle ou un peigne), à tracer un diagramme étiqueté des ondes générées et à en mesurer la longueur d'onde. Le diagramme devrait indiquer les crêtes, les creux, les fronts d'onde, les rayons et la longueur d'onde.

En fin

❶

Inviter les élèves à comparer les ondes à une dimension aux ondes à deux dimensions en complétant un cadre de comparaison (voir *L'enseignement des sciences de la nature*, p. 10.24).



S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants;
RAG : A2, C8

S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;
RAG : C6, C7

S3P-0-4a faire preuve d'habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement.
RAG : C1, C2

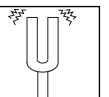
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter les élèves à concevoir un guide d'utilisation pour le bac à ondes. Le guide servirait à expliquer le fonctionnement du bac à ondes, à énumérer les mesures de sécurité à prendre et à indiquer des exemples d'ondes à deux dimensions que l'on pourrait observer.

❷

Inviter les élèves à étiqueter des diagrammes d'ondes circulaire et rectiligne (voir l'annexe 13).



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc G
La réflexion d'ondes
à deux dimensions

L'élève sera apte à :

S3P-1-10 décrire la réflexion des ondes rectilignes et des ondes circulaires, en faire une démonstration et en tracer un diagramme, entre autres les réflecteurs rectilignes et paraboliques;
RAG : C6

S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia.
RAG : C6, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

Les RAS S3P-1-10 à S3P-1-15 sont intimement liés aux RAS S3P-2-06 à S3P-2-09 du regroupement portant sur la nature de la lumière (le modèle ondulatoire de la lumière). L'enseignant peut décider de présenter les caractéristiques des ondes en termes de vagues d'eau, d'ondes lumineuses ou des deux. L'enseignant peut opter de faire l'expérience sur la réflexion :

- dès maintenant, avec des vagues d'eau, et plus tard, avec la lumière (dans le cadre de l'étude du modèle ondulatoire de la lumière);
- dès maintenant, avec la lumière.

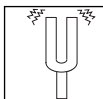
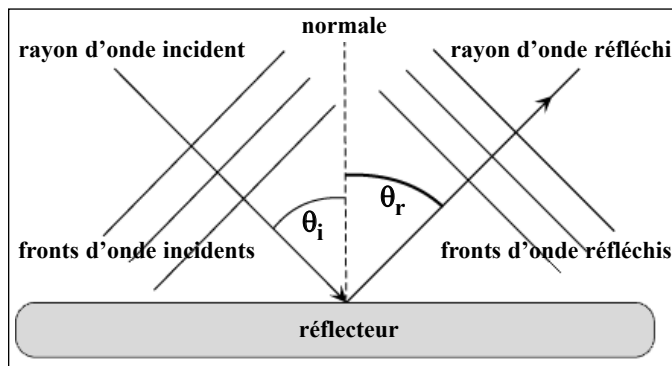
Nous recommandons la première option.

Les élèves ont étudié la réflexion de la lumière en 8^e année lors de l'étude de l'optique. Ils devraient connaître les termes *rayon incident*, *rayon réfléchi*, *angle d'incidence*, *angle de réflexion* et *normale*.

❶ Activer les connaissances antérieures des élèves en leur demandant d'étiqueter un diagramme d'un rayon lumineux réfléchi ou en faisant une démonstration à l'aide d'une boîte à rayons. Faire ressortir le vocabulaire pertinent de même que la loi de la réflexion (l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion).

En quête

❶ Proposer aux élèves d'effectuer une expérience pour observer la réflexion des ondes rectilignes et circulaires dans un bac à ondes en se servant de réflecteurs rectilignes et paraboliques (par exemple les étapes 8 à 10 de l'Investigation 13.1 dans *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, les étapes 8 à 10 de l'Exploration 10.4 dans *Éléments de physique : cours d'introduction* ou les étapes 6 à 8 de la Recherche 9.1.1 dans *Physique 12*). Inviter les élèves à préparer des diagrammes de leurs observations en notant les termes suivants : *rayon incident*, *rayon réfléchi*, *angle d'incidence*, *angle de réflexion*, *normale*, *barrière rectiligne*, *barrière parabolique* et *point focal*. Demander aux élèves de noter leurs observations dans leur carnet scientifique.



En fin

❶

Inviter les élèves à observer l'effet d'un réflecteur parabolique sur une suite de rayons parallèles émis d'un boîtier à rayons et à déterminer le point focal.

OU

❷

Inviter les élèves à mener une réflexion dans leur carnet scientifique :

- *Comment vos connaissances antérieures vous ont-elles aidé à saisir les nouvelles applications?*
- *Comment le travail de groupe vous a-t-il aidé à mieux comprendre les concepts à l'étude?*
- *Quelles difficultés avez-vous surmontées en faisant l'expérience?*
- *Quelles sont les caractéristiques d'un diagramme étiqueté correctement?*

Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter les élèves à faire une comparaison entre l'eau et la lumière en ce qui concerne la réflexion.

❷

Inviter les élèves à compléter un cycle de mots (voir l'annexe 14).

❸

Ramasser les carnets scientifiques des élèves afin d'évaluer leur habileté à enregistrer, à organiser et à présenter des données dans un format approprié.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc H
**La réfraction d'ondes
rectilignes**

L'élève sera apte à :

S3P-1-11 décrire la réfraction des ondes rectilignes, en faire la démonstration et en tracer un diagramme;
RAG : C6, D4

S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia.
RAG : C6, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

1 Activer les connaissances antérieures des élèves en faisant une démonstration (par exemple une paille plongée dans un verre d'eau semble se plier, un sou placé sous un verre d'eau semble disparaître lorsqu'on recule, un rayon lumineux dévie en entrant dans un prisme) et en leur demandant d'étiqueter un diagramme d'un rayon lumineux réfracté.

L'enseignant peut opter de faire l'expérience sur la réfraction :

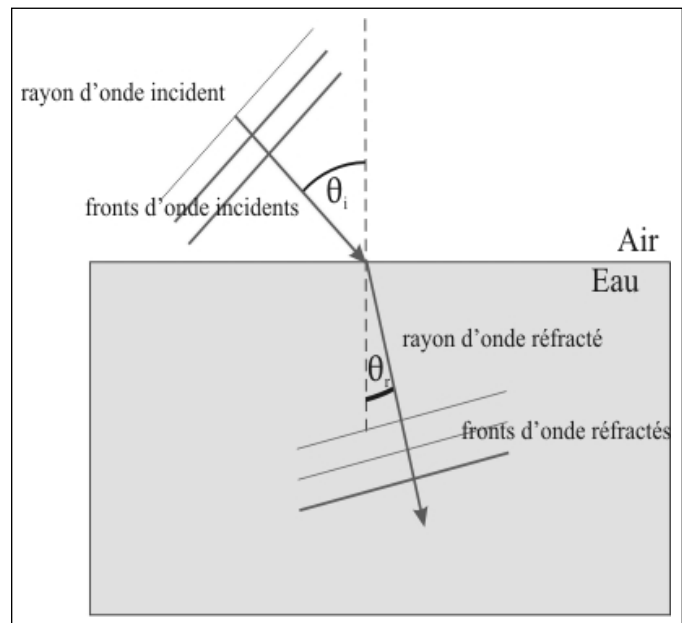
- dès maintenant, avec des vagues d'eau, et plus tard, avec la lumière (dans le cadre de l'étude du modèle ondulatoire de la lumière);
- dès maintenant, avec la lumière.

Les élèves ont étudié la réfraction de la lumière en 8^e année lors de l'étude de l'optique.

En quête

1 Proposer aux élèves d'effectuer une expérience pour observer la réfraction des ondes rectilignes dans un bac à ondes (par exemple les étapes 1 à 8 de l'Investigation 13.3 dans *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé* ou les étapes 9 à 16 de la Recherche 9.1.1 dans *Physique 12*). Inviter les élèves à préparer des diagrammes de leurs observations en notant les termes suivants : *rayon incident*, *rayon réfracté*, *angle d'incidence*, *angle de réfraction*, *normale*. Les données expérimentales recueillies lors de cette expérience peuvent également servir pour l'expérience sur la loi de Snell (Bloc I).

Un caméscope peut s'avérer utile pour l'observation de ce phénomène.

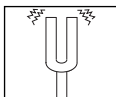


On pourrait aussi opter d'étudier la réfraction de la lumière, par exemple :

- *La physique et le monde moderne*, p. 336 et 337, toutes les étapes de la méthode et les trois premières rangées du tableau d'observations;
- *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 435 et 436, étapes 1 à 3;
- *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 437 et 438, étapes 1 à 4;
- *Physique 11*, p. 397, toutes les étapes de la démarche.

En fin

1 Inviter les élèves à comparer la réflexion à la réfraction à l'aide d'un cadre de comparaison (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.18 et annexe 10.4).



Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter les élèves à compléter un cadre de concepts au sujet de la réfraction (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.20-11.22 et annexe 11.1).

❷

Évaluer les diagrammes des élèves.

❸

Inviter les élèves à préparer un organigramme qui montre les relations entre les termes suivants : *angle d'incidence, angle de réflexion, angle de réfraction, bac à ondes, barrière parabolique, barrière rectiligne, crête, creux, front d'onde, longueur d'onde, normale, onde à deux dimensions, onde circulaire, onde rectiligne, point focal, rayon incident, rayon réfléchi, rayon réfracté, réflexion, réfraction, zone claire, zone sombre.* Voir l'annexe 15 pour un exemple ou *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, chapitre 11 pour plus de renseignements. Les élèves peuvent créer les organigrammes à l'aide de logiciels tels que *Inspiration*.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc I **La loi de Snell**

L'élève sera apte à :

S3P-1-12 dériver la loi de Snell à partir des relations entre la longueur d'onde, la vitesse et les angles d'incidence et de réfraction;
RAG : A1, A2

S3P-1-13 mener une expérience pour démontrer la loi de Snell;
RAG : C2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Activer les connaissances antérieures des élèves en ce qui concerne la transmission d'ondes à une dimension entre milieux lent et rapide :

- En passant d'un milieu lent à un milieu rapide, la vitesse d'une onde à une dimension _____ . (augmente)
- En passant d'un milieu lent à un milieu rapide, la longueur d'onde d'une onde à une dimension _____. (augmente)
- En passant d'un milieu rapide à un milieu lent, la vitesse d'une onde à une dimension _____. (diminue)
- En passant d'un milieu rapide à un milieu lent, la longueur d'onde d'une onde à une dimension _____. (diminue)
- Quelle relation de proportionnalité existe entre la vitesse d'une onde à une dimension et sa longueur d'onde? ($v \propto \lambda$)

En quête

❶

A) Présenter la dérivation de la loi de Snell (voir l'annexe 16). Inviter les élèves à résoudre des problèmes en se servant de la loi de Snell (voir *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 489 ou *Physique II*, p. 393).

B) Proposer aux élèves de compléter l'expérience sur la réfraction amorcée dans le Bloc H en effectuant une analyse approfondie des données expérimentales.

OU

Mesurer la réfraction de la lumière dans l'eau à l'aide d'une boîte à fromage et des épingles ou une boîte à rayons (voir *Physique II*, p. 397, *La Physique et le monde moderne*, p. 336 et 337, *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 435 et 436, *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 437 et 438).

Ptolémée (127-151 apr. J.-C.) croyait que pour deux milieux transparents quelconques le rapport entre l'angle d'incidence et l'angle de réfraction restait constant. Willebrod Snell (1591-1626), mathématicien hollandais, a prouvé cette hypothèse en se servant de la trigonométrie. René Descartes (1596-1650), savant français, a fait la même découverte. Ainsi, la loi de Snell est parfois désignée la loi de Snell-Descartes.

En fin

❶

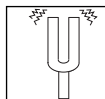
Inviter les élèves à rédiger des problèmes liés à la loi de Snell et à les résoudre en décrivant leur démarche à l'aide de notes explicatives (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.14 et 13.15).

OU

❷

Inviter les élèves à consacrer une page de leur carnet scientifique aux formules de physique et à y consigner ces nouvelles formules.

OU



S3P-0-2a employer les modes de représentation visuelle, numérique, symbolique ou graphique pour découvrir et représenter des relations tout en choisissant le mode le plus approprié;
RAG : C2, C3

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables.
RAG : C3, C8

③

Inviter les élèves à mener une réflexion dans leur carnet scientifique sur les questions ci-dessous, puis encourager les élèves à partager leurs réponses avec toute la classe.

- *Pourquoi est-il important de comprendre la dérivation d'une loi ou d'une formule? (Pour comprendre la dérivation d'une loi ou d'une formule, on doit connaître à fond les concepts scientifiques qui la soutiennent. Ainsi, on aura moins tendance à l'oublier et on saura dans quels contextes elle s'applique. De plus, une connaissance de la dérivation de la loi permet une meilleure visualisation du problème à résoudre.)*
- *Comment l'expérience vous a-t-elle aidé à mieux comprendre la loi de Snell?*
- *Que signifie l'indice de réfraction?*
- *Quels aspects de l'expérience ont été particulièrement agréables? Frustrants?*

Stratégies d'évaluation suggérées

①

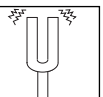
Inviter les élèves à étiqueter les angles d'incidence et de réfraction sur un diagramme de fronts d'onde passant d'un milieu à l'autre et à faire la dérivation de la loi de Snell.

②

Ramasser les carnets scientifiques des élèves afin de mesurer leur habileté à employer le mode de représentation graphique pour découvrir et représenter des relations, et à interpréter des régularités et des tendances dans les données.

③

Inviter les élèves à compléter la feuille de travail de l'annexe 17.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc J **La diffraction**

L'élève sera apte à :

S3P-1-14 décrire la diffraction d'une onde dans l'eau, en faire la démonstration et en tracer un diagramme;
RAG : C6

S3P-0-2a employer les modes de représentation visuel, numérique, symbolique ou graphique pour découvrir et représenter des relations tout en choisissant le mode le plus approprié.
RAG : C2, C3

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Faire une démonstration de la diffraction en sortant de la classe pour adresser la parole aux élèves. Les ondes sonores contournent les parois de la porte et sont ainsi audibles partout dans la classe.

En quête



Proposer aux élèves d'effectuer une expérience pour observer la diffraction des ondes rectilignes dans l'eau, par exemple :

- *Physique 12*, p. 482;
- *La physique et le monde moderne*, p. 241;
- *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 505 et 506.

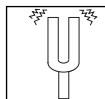
On peut aussi observer des vidéoclips de la diffraction, par exemple dans la section Expériences-découvertes du site *Web Interférences et diffraction*.

Leur indiquer qu'ils doivent noter leurs observations dans leur carnet scientifique.

En fin



Faire une récapitulation de l'expérience (voir l'annexe 18).



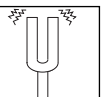
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Ramasser les carnets scientifiques des élèves afin d'évaluer leur habileté à employer le mode de représentation visuel pour découvrir et représenter des relations.

❷

Inviter les élèves à préparer des diagrammes de diffraction pour des longueurs d'onde et des ouvertures de grandeurs variées.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc K
**L'interférence des ondes
à deux dimensions**

L'élève sera apte à :

S3P-1-15 décrire comment les interférences constructives et destructives produisent une figure d'interférence à partir de deux sources ponctuelles, en faire la démonstration et en tracer un diagramme;
RAG : A2

S3P-1-16 trouver le lien qui existe entre les différences de marche,
$$\left| \overline{P_n S_1} - \overline{P_n S_2} \right| = \left(n - \frac{1}{2} \right) \lambda,$$
par rapport à la figure d'interférence générée par deux sources ponctuelles;
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Activer les connaissances antérieures des élèves en ce qui a trait à l'interférence constructive et destructive des ondes à une dimension en leur demandant de tracer un exemple de chacune.

Dans le regroupement portant sur la nature des sciences, le jeu d'interférence de deux sources ponctuelles sert à dériver le rapport de Young et à calculer la longueur d'onde de la lumière. La plupart des textes scolaires dérivent le rapport dans ce contexte. Vu la complexité de cette dérivation et la difficulté qu'elle pose aux élèves, le cours de *Physique 30S* aborde cette dérivation en deux étapes. La première étape consiste en l'identification des relations géométriques – on peut calculer la différence de marche en faisant des diagrammes et en comptant les longueurs d'onde. Cette technique fournit aux élèves les fondements nécessaires pour bien comprendre la dérivation de Young plus tard.

En quête



A) Inviter les élèves à faire des observations du jeu d'interférence produit par deux sources ponctuelles dans un bac à ondes. Amener les élèves à préparer un diagramme de leurs observations indiquant les crêtes, les creux, les zones d'interférence constructive, les lignes d'interférence destructive (lignes nodales), la bissectrice et les sources ponctuelles.

On pourrait aussi observer une simulation d'un jeu d'interférence, par exemple sur des sites Web tels que *Introduction aux simulations* ou *Ondes mécaniques*.

B) Remettre un diagramme du jeu d'interférence aux élèves (voir l'annexe 19) et les amener à dériver une relation symbolique représentant la différence de marche en suivant les étapes ci-dessous :

1. placer un point sur la première ligne nodale (P_1);
2. relier ce point à chacune des sources ponctuelles (S_1 et S_2) par un segment;
3. compter le nombre de longueurs d'onde parcourues par chaque segment et déterminer la différence de marche en les soustrayant;
4. exprimer la relation sous la forme : $\left| \overline{P_1 S_1} - \overline{P_1 S_2} \right| = \frac{1}{2} \lambda$;
5. répéter en plaçant un point sur la deuxième ligne nodale (P_2) pour obtenir la relation : $\left| \overline{P_2 S_1} - \overline{P_2 S_2} \right| = 1 \frac{1}{2} \lambda$;
6. écrire la forme générale de la relation : $\left| \overline{P_n S_1} - \overline{P_n S_2} \right| = \left(n - \frac{1}{2} \right) \lambda$ où n désigne le numéro de la ligne nodale par rapport à la bissectrice.

Le corrigé figure à l'annexe 20.

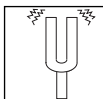
En fin



Inviter les élèves à prouver que cette relation marche pour $n = 3$ et 4 en préparant des diagrammes semblables sur papier ou à l'ordinateur ou en se servant de diagrammes de l'effet de Moiré (voir l'encadré).

L'effet de Moiré illustre bien l'interférence des ondes à deux dimensions. Photocopier sur acétate des jeux de cercles concentriques rapprochés (voir l'annexe 21). Placer deux acétates identiques l'un sur l'autre. Faire bouger graduellement un acétate par rapport à l'autre et observer les jeux d'interférence créés. L'effet de Moiré a des applications importantes en photographie. Bon nombre de sites Web (en anglais) traitent de ce phénomène et permettent de faire des expérimentations.

OU



S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables.
RAG : C3, C8

②

Inviter les élèves à expliquer les uns aux autres la dérivation de la relation générale pour la différence de marche.

OU

③

Inviter les élèves à consacrer une page de leur carnet scientifique aux formules de physique et à y consigner cette nouvelle formule.

Stratégies d'évaluation suggérées

①

Présenter un diagramme d'un jeu d'interférence produit par deux sources ponctuelles et inviter les élèves :

- à déterminer la différence de marche pour divers points placés sur des lignes nodales;
- à étiqueter divers éléments du diagramme;
- à dériver la relation générale pour la différence de marche en expliquant leur démarche.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc L **Introduction au son**

L'élève sera apte à :

S3P-1-17 expliquer la production, la transmission et la détection du son qui se fait à partir de dispositifs techniques et à partir d'éléments dans la nature,
par exemple la production d'un son par un objet qui vibre, le tambour, la corde de guitare, le piézocristal, le haut-parleur, et par le grillon, l'oiseau-mouche, le dauphin;
RAG : C5, D1

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à relever et à classer des exemples de production, de transmission et de détection du son qui se fait à partir de dispositifs techniques et à partir d'éléments dans la nature (voir l'annexe 22).

Les élèves ont étudié le son en 4^e année.

OU

❷

Inviter les élèves à faire une chaîne de graffitis coopératifs (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.16 et 3.17) en se servant des thèmes ci-dessous :

- exemples de technologies qui produisent le son;
- exemples de technologies qui transmettent le son;
- exemples de technologies qui détectent le son;
- exemples de production de son dans la nature;
- exemples de transmission de son dans la nature;
- exemples de détection de son dans la nature.

En quête

❸

A) Présenter une série de démonstrations à la classe ou inviter les élèves à les réaliser en centres d'expérimentation :

- **Le son transmet de l'énergie**
Frapper un diapason et l'approcher d'un béccher d'eau ou d'une balle de sureau, ou placer des confettis ou d'autres objets légers sur un haut-parleur. L'énergie sonore est transformée en énergie cinétique.

- **Le son est une onde mécanique se propageant dans un milieu**

Faire vibrer une cloche dans le vide pour illustrer qu'un milieu est nécessaire à la propagation du son.

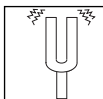
- **Le son consiste en ondes longitudinales**

Faire visionner les ondes sonores à l'aide d'un oscilloscope ou d'une calculatrice graphique ou d'un ordinateur raccordé à un microphone. Souligner que ces instruments représentent les ondes sonores comme des ondes transversales mais qu'elles sont véritablement des ondes longitudinales. Les crêtes correspondent aux régions de haute pression (compressions) et les creux aux régions de basse pression (raréfactions).

- **Le son résulte de vibrations et émane dans tous les sens**

Frapper un diapason et le placer sur une boîte de bois ou sur un instrument de musique tel qu'une guitare ou un violon. Ou placer une règle sur le bord d'une table de sorte qu'elle le dépasse de quelques centimètres et tirer l'extrémité libre de sorte qu'elle se met à vibrer. Ou placer sa main devant un haut-parleur pour ressentir les vibrations. Les vibrations émanant de l'objet perturbent les molécules d'air et produisent une série de compressions (à haute pression) et de raréfactions (à basse pression) qui se propagent dans tous les sens et jusqu'à l'oreille. Cependant il n'y a aucun déplacement net des molécules d'air.

B) Inviter les élèves à se renseigner au sujet de la production, de la transmission et de la détection du son à partir de dispositifs techniques et à partir d'éléments dans la nature. Un cadre de recherche peut guider le travail des élèves (voir l'annexe 23). Les élèves pourraient s'inspirer des exemples relevés lors de la chaîne des graffitis coopératifs.



En fin

❶

Inviter les élèves à partager les résultats de leur recherche à l'aide de groupes de discussion.

Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter les élèves à expliquer le lien entre les ondes et le son, et à expliquer comment le son est produit, transmis et détecté en utilisant des exemples tirés de la nature ou de la technologie.

❷

Inviter les élèves à préparer un organigramme qui montre les relations entre les termes suivants : *basse pression, compression, cordes vocales, crête, creux, détection, énergie, haut-parleur, haute pression, milieu, onde longitudinale, onde mécanique, onde transversale, oreille, production, raréfaction, son, sonnette, transmission, vibration, vide.* Voir l'annexe 15 pour un exemple ou *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, chapitre 11, pour plus de renseignements. Les élèves peuvent créer les organigrammes à l'aide de logiciels tels que *Inspiration*.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc M
**Le processus de prise
de décisions**

L'élève sera apte à :

S3P-1-18 utiliser le processus de prise de décisions pour examiner un enjeu STSE lié au bruit dans l'environnement, par exemple le bang supersonique, le bruit de la circulation, la salle de concert, le haut-parleur à plein volume, la souffleuse à feuilles;
RAG : C3, C4

S3P-0-3c relever des enjeux d'ordre social liés aux sciences et à la technologie, en tenant compte des besoins humains et environnementaux et des considérations éthiques;
RAG : B3, B5

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶ Pour activer les connaissances antérieures des élèves en ce qui concerne le processus de prise de décisions, les inviter à discuter des projets qu'ils ont entrepris en S1 ou S2 :

- *Quels enjeux STSE avez-vous abordés?*
- *Quels étaient les intervenants concernés?*
- *Combien d'options avez-vous élaborées?*
- *Quelle option avez-vous finalement adoptée? Pourquoi?*
- *Avez-vous réussi à implanter cette option? Pourquoi ou pourquoi pas?*
- *Quels sont vos meilleurs souvenirs du processus de prise de décisions?*
- *Quels ont été les moments les plus frustrants?*

Les élèves ont entamé le processus de prise de décisions en S1 et en S2. Ce RAS est placé au début de la section sur le son pour fournir un certain contexte à l'étude du son. On recommande d'étaler ce projet sur plusieurs semaines. L'annexe 24 fournit des renseignements sur le comment et le pourquoi du processus de prise de décisions.

Discuter de la nature des enjeux STSE. Amener les élèves à comprendre qu'un enjeu est une situation à l'égard de laquelle on doit prendre une décision d'ordre social, économique ou environnemental, et qu'il y a toujours plus d'une option. Les enjeux sont habituellement formulés à l'aide d'expressions telles que :

- Devrait-on...
- Doit-on...
- Faut-il...
- Quelle décision devrait-on prendre...

Inviter les élèves à se remémorer les étapes générales du processus de prise de décisions en complétant l'annexe 25. Par la suite, repasser avec eux une liste d'actions précises associées à chaque étape (voir l'annexe 26).

En quête

❶ Pour amorcer le processus de prise de décisions, inviter les élèves à relever des enjeux ayant trait au bruit dans l'environnement. Cerner chacun des enjeux en formulant une question qui touche de près l'environnement, la société ou l'économie, par exemple :

Physique II propose à la page 471 des enjeux liés au son dans l'environnement.

- *Les manufacturiers de baladeurs devraient-ils être obligés de limiter le volume maximal de sorte à réduire les risques de surdité?*
- *Les gens qui utilisent les baladeurs devraient-ils pouvoir écouter la musique à haute intensité dans les endroits publics?*
- *Devrait-on resituer l'aéroport pour diminuer le bruit dans les quartiers résidentiels?*
- *Devrait-on imposer une limite sur le volume de la musique aux concerts?*
- *Devrait-on obliger les automobilistes à faire vérifier leur voiture tous les 2 ans de sorte à diminuer le bruit causé par les voitures?*

Inviter les élèves à entreprendre un projet d'envergure dans lequel ils abordent en groupes de 4 à 6 élèves un enjeu particulier lié au bruit dans l'environnement en passant par les étapes du processus de prise de décisions. Préciser que le projet sera réalisé sur plusieurs semaines et nécessitera de la recherche indépendante de leur part. Présenter une liste des exigences aux élèves et leur fournir une grille d'accompagnement (voir l'annexe 27). Établir un échéancier à long terme et afficher les dates de tombée dans la classe. Encourager les élèves à inscrire ces dates dans leur agenda.



S3P-0-3d appliquer le processus de prise de décisions à un enjeu STSE;
RAG : B5, C4

S3P-0-4c faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique, de résoudre des problèmes et d'examiner en enjeu STSE;
RAG : C3, C5

S3P-0-4d acquérir un sens de responsabilité personnelle et collective au regard de l'impact des êtres humains sur l'environnement, et prendre en considération les conséquences d'actions prévues sur la société et l'environnement.
RAG : B1, B2

Rencontrer individuellement les groupes au fur et à mesure qu'ils avancent dans leur travail. Au cours de ces rencontres, l'enseignant peut offrir des suggestions aux élèves et les élèves peuvent le consulter pour des directives et des pistes à suivre. Veiller particulièrement à ce que chaque membre au sein d'un groupe de travail contribue et qu'il soit respecté par les autres. Valoriser l'initiative et la créativité de chaque groupe.

En fin

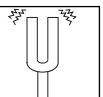
❶ Inviter chacun des groupes à faire une présentation pour communiquer au reste de la classe son enjeu, les démarches suivies pour développer et évaluer des options et l'option sélectionnée. Allouer du temps pour une période de questions.

OU

❷ Inviter les élèves à présenter de façon plus formelle leur projet, par exemple lors d'une soirée portes ouvertes.

Stratégies d'évaluation suggérées

- ❶ Utiliser la grille d'évaluation critériée de l'annexe 28 comme tableau d'évaluation du processus de prise de décisions qu'ont effectué les élèves.
- ❷ Inviter les élèves à analyser un article traitant d'un enjeu actuel lié au bruit dans l'environnement. Un cadre d'analyse d'articles de nature factuelle ou un cadre d'analyse d'articles qui prêtent à discussion peut faciliter ce travail (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.40 et 11.41).
- ❸ Évaluer le travail final à l'aide de la grille d'accompagnement remplie par les élèves (voir l'annexe 27) en notant toute incohérence. Rencontrer les membres de chaque groupe et les inviter à défendre leur travail.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc N Le processus de design

L'élève sera apte à :

S3P-1-19 concevoir, construire ou assembler un appareil technologique pratique pouvant produire, transmettre ou contrôler des ondes sonores, en faire l'essai et la démonstration, par exemple l'écran acoustique ou le casque anti-bruit, le haut-parleur électromagnétique, la chambre d'écho, le microphone, l'instrument de musique, le micro de guitare, l'accordeur électronique, le détecteur sonar; la salle anéchoïque, le dispositif de communication;
RAG : C3, C4

S3P-0-4a faire preuve d'habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : C1, C2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

Ce RAS est placé au début de la section sur le son pour fournir un certain contexte à l'étude du son. Ce projet pourrait s'étaler sur plusieurs semaines pendant l'étude du son ou servir comme activité finale pour intégrer tous les concepts appris.

On recommande l'emploi du processus de design pour aborder ce RAS. Ce processus a permis aux élèves de trouver une solution à une multitude de problèmes à partir de la maternelle.



Inviter les élèves à se remémorer les étapes du processus de design en discutant en petits groupes d'un prototype qu'ils ont construit et de la démarche qu'ils ont suivie. L'annexe 29 résume le comment et le pourquoi du processus de design.

En quête



Le défi

Inviter les élèves à travailler en groupes pour concevoir, construire et mettre à l'essai un appareil technologique pouvant produire, transmettre ou contrôler des ondes sonores en vue d'un usage utilitaire, par exemple :

À défaut de temps, on peut demander aux élèves d'assembler un appareil à partir d'une trousse commerciale ou de suivre un plan fourni.

- un instrument de musique pouvant jouer toutes les notes d'une octave de la gamme diatonique;
- une barrière que l'on peut placer devant un haut-parleur pour réduire l'intensité sonore;

- un système d'isolation sonore pouvant rentrer dans une boîte de souliers pour diminuer l'intensité sonore atteignant un microphone placé à l'intérieur.

Le choix d'une solution

Inviter les élèves à proposer diverses solutions au problème et à en choisir une en la justifiant.

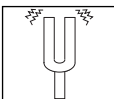
Le plan

Inviter les élèves à déterminer un certain nombre de critères qui encadreront la fabrication du prototype et qui serviront à l'évaluation, par exemple *le système d'isolation sonore doit pouvoir bloquer complètement le bruit provenant du claquement des doigts à une distance de 1 m*. L'intention de l'activité de design n'est pas d'avoir un groupe ou un prototype gagnant; son but est plutôt de juger en faveur ou à l'encontre d'un ou de plusieurs prototypes selon les critères préétablis. Assurer que les élèves établissent des critères raisonnables.

Afin de fournir l'occasion à tous les élèves de réussir, on suggère d'encadrer le problème en précisant divers critères, par exemple :

- limiter le choix de matériaux ou les dimensions du prototype;
- limiter le nombre d'élèves par groupe;
- imposer un échéancier pour chaque étape du processus de design;
- préciser les variables à contrôler pour assurer une mise à l'essai juste pour chaque groupe.

Exiger un plan écrit avant de permettre aux élèves de passer à l'étape de fabrication. Le plan devrait comprendre le matériel requis, les mesures de sécurité, les étapes à suivre et des diagrammes étiquetés. Évaluer le plan soigneusement afin d'assurer qu'il n'y a pas de dangers imprévus. Insister sur l'importance de respecter les mesures de sécurité citées. Le document *Sécurité en sciences de la nature : un manuel ressource* décrit bien les responsabilités de l'école, de l'enseignant et de l'élève en ce qui a trait à la sécurité.



S3P-0-4b travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux;
RAG : C7

S3P-0-4e manifester un intérêt soutenu et plus éclairé dans les sciences et les questions d'ordre scientifique.
RAG : B4, B5

La fabrication

En suivant les étapes du plan élaboré ci-dessus, les élèves fabriquent un prototype en tenant compte des critères de travail fixés au début du projet. Si, en cours de route, les élèves s'aperçoivent que le plan ne fonctionne pas, il leur faut retourner à l'étape du plan ou même à celle du choix d'une solution.

La mise à l'essai

Une fois la fabrication terminée, les élèves testent le prototype en fonction des critères établis au début. Inviter les élèves à y apporter les améliorations nécessaires. Dans le cas où le prototype s'avérerait insatisfaisant, il serait possible de reprendre les étapes de la fabrication, du plan ou du choix d'une solution.

L'évaluation de la solution choisie

Inviter les élèves à évaluer leur produit final. Les questions suivantes peuvent guider cette évaluation :

- *Est-ce que le prototype répond aux exigences du défi?*
- *Respecte-t-il les critères établis au début?*

En fin

1

Inviter les élèves à réfléchir sur les questions suivantes :

- *Observez attentivement les prototypes qui ont le mieux réussi. En quoi diffèrent-ils des autres?*
- *Si vous aviez à refaire votre prototype, quels changements y apporteriez-vous afin qu'il soit mieux réussi?*
- *Pourquoi est-ce important d'avoir un plan écrit et de noter tout changement effectué?*
- *Croyez-vous que le processus de design serait utile en industrie? Comment?*
- *Avez-vous trouvé que c'était intéressant de travailler en groupe? Est-ce que votre groupe a travaillé efficacement ensemble? Qu'est-ce qui aurait rendu le travail de groupe plus efficace? Y a-t-il des avantages à travailler en groupe? Des inconvénients?*
- *Comment vos connaissances scientifiques vous ont-elles aidé dans la fabrication du prototype?*

Stratégies d'évaluation suggérées

1

Employer une grille d'observation pour noter le progrès de l'élève (voir l'annexe 30).

2

Évaluer le carnet scientifique de l'élève à l'aide d'une feuille d'évaluation d'un journal (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.21).



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc O **L'interférence des** **ondes sonores**

L'élève sera apte à :

S3P-1-20 décrire et expliquer en termes qualitatifs ce qui se produit lorsqu'une onde sonore interagit ou interfère avec une autre, entre autres la production de battements;
RAG : B4, D4


S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia.
RAG : C6, C7

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

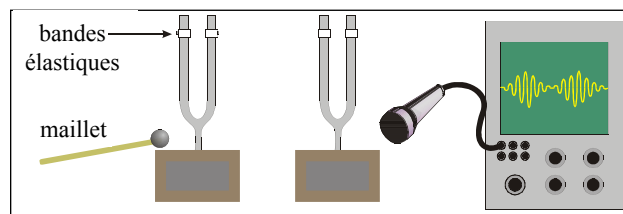
1 Activer les connaissances antérieures des élèves en leur présentant un diagramme du jeu d'interférence produit par deux sources ponctuelles dans l'eau. Inviter les élèves à suggérer, dans leur carnet scientifique, comment ce phénomène pourrait s'appliquer au son.

 L'annexe 31 présente des renseignements pour l'enseignant à ce sujet.

En quête

1 Inviter les élèves à mener une expérience pour observer l'interférence des ondes sonores :

- Inviter deux élèves à apporter un instrument de musique en classe et à jouer la même note en accord et en désaccord. Compter les battements qui se produisent dans le deuxième cas et lier cette notion à l'écart de fréquence entre les notes jouées. On peut aussi entreprendre cette expérience avec deux diapasons en plaçant une bande élastique sur l'un ou l'autre pour altérer sa fréquence de vibration. Le jeu d'interférence peut être visionné à l'aide d'un oscilloscope, d'une calculatrice graphique ou d'un ordinateur muni d'un microphone (voir *La physique et le monde moderne*, p. 255-257, ou *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 360-362).

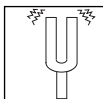


- Placer deux haut-parleurs émettant la même fréquence côte à côte ou utiliser un tube de Herschel (voir *Physique 11*, p. 504, ou *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 340 et 341). Inviter les élèves à noter toute observation dans leur carnet scientifique.

En fin

1 Inviter les élèves à mener une réflexion dans leur carnet scientifique :

- *Comment les musiciens se servent-ils du phénomène d'interférence sonore pour accorder leurs instruments?*
- *Quelles implications l'interférence sonore a-t-elle sur l'acoustique?*
- *Quels avantages ou inconvénients l'interférence sonore représente-t-elle?*
- *Comment l'interférence sonore ressemble-t-elle au jeu d'interférence produit par deux sources ponctuelles dans un bac d'eau?*



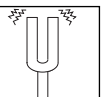
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Ramasser les carnets scientifiques des élèves afin d'évaluer leur habileté à enregistrer, à organiser et à présenter des données.

❷

Inviter les élèves à expliquer qualitativement ce qui se produit lorsqu'une onde sonore interagit avec une autre.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc P La résonance

L'élève sera apte à :

S3P-1-21 mener une expérience pour analyser le principe de la résonance et découvrir les conditions permettant de reproduire le phénomène de résonance dans divers milieux, entre autres les colonnes d'air ouvertes et fermées de différentes longueurs;
RAG : C2, C4

S3P-0-2d estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant les unités du Système international (SI);
RAG : C4, C6

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

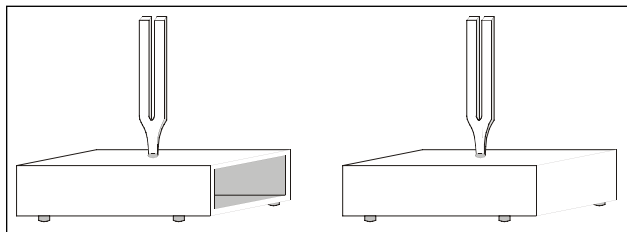
❶

Faire une ou plusieurs des démonstrations qui suivent pour susciter l'intérêt des élèves.

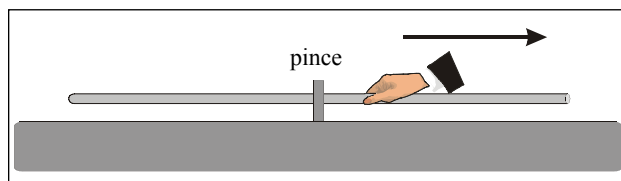
- Suspendre plusieurs pendules d'une même ficelle tendue. Deux d'entre eux devraient être de la même longueur et les autres de longueurs différentes. Mettre en mouvement l'un des pendules identiques et inviter les élèves à prédire ce qui arrivera. (L'autre pendule identique se mettra en mouvement sous peu, vibrant en résonance.)
- Promener un doigt mouillé sur le bord d'un verre à pied pour entendre la fréquence de résonance. Répéter en faisant varier le niveau d'eau dans le verre.
- Placer deux diapasons identiques sur des boîtes de bois identiques. Séparer les boîtes d'environ un mètre, les ouvertures se faisant face. Frapper un diapason à l'aide d'un maillet en caoutchouc. L'autre se mettra à vibrer aussi.

Renseignements pour l'enseignant

Tout objet possède une certaine fréquence naturelle à laquelle il vibre avec la plus grande amplitude possible. Lorsqu'un objet est exposé à des vibrations de sa fréquence naturelle, il se met à vibrer aussi. Ce phénomène s'appelle la résonance. Même une très petite force répétée peut entraîner des vibrations importantes.



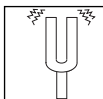
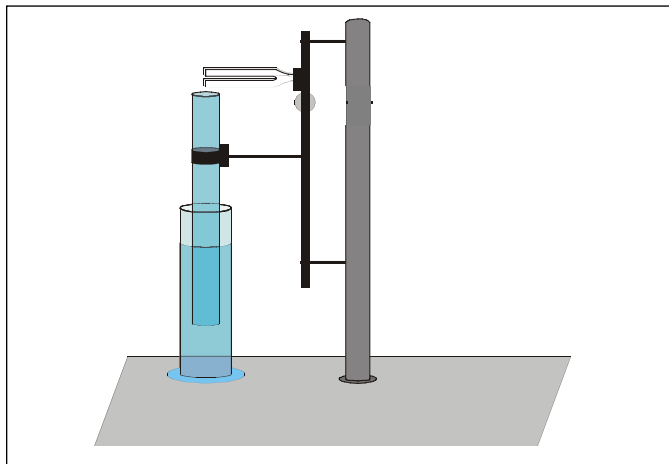
- Chanter une note donnée près d'un piano en pesant sur la pédale de prolongation. La corde correspondant à la fréquence de la note chantée se mettra à vibrer aussi.
- Tenir une tige en aluminium exactement en son milieu. Promener un doigt mouillé le long de la tige pour entendre sa fréquence de résonance. Répéter en tenant la tige à un tiers ou à un quart de la longueur pour entendre d'autres fréquences de résonance (voir le diagramme ci-dessous).



En quête

❶

Proposer aux élèves de mener une expérience afin de déterminer les longueurs d'onde des résonances dans une colonne d'air fermée (voir *Physique 11*, p. 517, ou *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 362 et 363). Inviter les élèves à compléter un rapport d'expérience (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.28, 11.29, 11.38 et 11.39).



S3P-0-2e évaluer la pertinence, la fiabilité et l'adéquation des données et des méthodes de collecte de données, entre autres les sources d'erreur et l'écart dans les résultats;
RAG : C5, C8

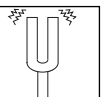
S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia.
RAG : C6, C7

En fin

❶ Inviter les élèves à visionner l'effondrement du pont Tacoma Narrows en se rendant à un site Web tel que *Tacoma Narrows* et à se renseigner pour en déterminer les causes.

Stratégies d'évaluation suggérées

- ❶ Inviter les élèves à énumérer les conditions nécessaires pour que la résonance ait lieu dans les divers contextes étudiés en classe.
- ❷ Inviter les élèves à mener une petite recherche pour relever et expliquer d'autres exemples de résonance. Les élèves doivent s'assurer d'indiquer les conditions nécessaires pour que la résonance ait lieu.
- ❸ Évaluer le rapport d'expérience des élèves à l'aide d'une grille d'évaluation (voir l'annexe 32). Porter une attention particulière à l'exactitude des mesures, à la détermination des sources d'erreurs et à la présentation des données.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc Q
La vitesse du son

L'élève sera apte à :

S3P-1-22 mener une expérience
pour calculer la vitesse du
son dans l'air;
RAG : B3, C2

S3P-1-23 comparer la vitesse du son
dans divers milieux et
décrire l'effet de la
matière et de la
température sur la vitesse
du son;
RAG : B3, C2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Inviter les élèves à nommer des facteurs qui pourraient influencer sur la vitesse du son et à prédire la vitesse relative du son dans divers milieux tels que l'eau, l'air, le sol et le vide, et à expliquer leur raisonnement.

L'annexe 33 présente des renseignements pour l'enseignant à ce sujet.

En quête



A) Proposer aux élèves de mener une expérience pour estimer la vitesse du son dans l'air :

- **En se servant d'échos**

Se tenir à une distance importante d'un grand mur de l'école et faire claquer deux morceaux de bois. Mesurer le temps que prend l'écho pour revenir de même que la distance totale parcourue et en calculer la vitesse. L'intervalle de temps sera très petit, alors on pourrait augmenter l'exactitude du résultat en claquant les objets plusieurs fois de sorte que le claquement et l'écho soient en phase. Ainsi, on peut mesurer le temps pour un nombre de claquements plus importants. Voir aussi l'exercice 12 de la page 254 dans *La physique et le monde moderne*.

- **En se servant d'une colonne d'air fermée**

Voir *Physique 11*, p. 479, ou *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 363 et 364.

- **En se servant d'un microphone**

Placer un microphone raccordé à un oscilloscope, une calculatrice graphique ou un ordinateur à une extrémité d'un long tube (par exemple un tube de tapis de 3 m). Faire claquer ses doigts à cette même extrémité. L'appareil enregistrera le claquement initial de même que son écho comme crêtes sur l'écran. Déterminer l'intervalle de temps à partir de l'affichage de l'appareil. Remarquer que le son a parcouru la longueur du tube deux fois.

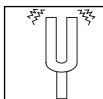
Inviter les élèves à noter leurs observations et leur analyse des données dans leur carnet scientifique. Si le temps le permet, répéter l'expérience à différentes températures pour déterminer l'effet de la température sur la vitesse du son.

B) Présenter un tableau de la vitesse du son dans divers milieux (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 318, *Physique 11*, p. 446, ou *La physique et le monde moderne*, p. 255) et inviter les élèves à formuler des hypothèses pour expliquer les écarts. Amener les élèves à se rendre compte des implications de la théorie particulaire de la matière sur la vitesse du son dans divers milieux et à diverses températures.

C) Inviter les élèves à résoudre des problèmes pour calculer :

- la vitesse du son dans l'air à diverses températures en se servant de la formule $v = 332 \frac{m}{s} + \left(0,6 \frac{m}{s \cdot ^\circ C}\right) T$
- la vitesse du son dans d'autres milieux à l'aide d'un tableau de référence.

Souligner les conditions auxquelles chaque formule et constante s'applique.



S3P-0-2d estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant les unités du Système international (SI);
RAG : C4, C6

S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;
RAG : C6, C7

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables.
RAG : C3, C8

En fin

❶

Inviter les élèves à revoir les prédictions de la section « En tête » et à y porter les corrections nécessaires, s'il y a lieu.

OU

❷

Inviter les élèves à consacrer une page de leur carnet scientifique aux formules de physique et à y consigner cette nouvelle formule.

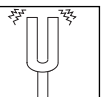
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Ramasser les carnets scientifiques des élèves afin d'évaluer leur habileté à mesurer avec exactitude, à évaluer la pertinence, la fiabilité et l'adéquation de données et de méthodes de collecte de données, à organiser des données et à interpréter des régularités et des tendances dans les données.

❷

Inviter les élèves à préparer des problèmes liés à la vitesse du son et à se les échanger pour s'autoévaluer.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc R **L'effet Doppler**

L'élève sera apte à :

S3P-1-24 expliquer l'effet Doppler, et prédire en termes qualitatifs les changements de fréquence constatés par un observateur au repos et un observateur en mouvement.
RAG : C2, D4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

On observe l'effet Doppler lorsque la source des ondes sonores se déplace par rapport à l'observateur. Lorsque la source et l'observateur s'approchent l'un de l'autre, la fréquence perçue est plus élevée. Lorsque les deux s'éloignent l'un de l'autre, la fréquence perçue est plus basse. Prenons l'exemple d'un camion de pompier qui fonce à grande vitesse. Un observateur immobile perçoit une augmentation de la fréquence de la sirène lorsque le camion de pompier s'approche de lui et une diminution de la fréquence lorsqu'il s'éloigne de lui. Cependant, la fréquence émise par la source ne varie pas. La variation de fréquence apparente résulte du mouvement relatif.

En tête

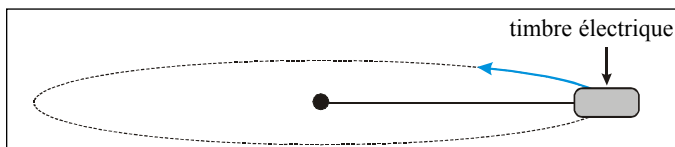
❶

Inviter les élèves à décrire ou à imiter le son émis par la sirène d'un véhicule d'urgence ou d'une voiture de course qui les passe.

En quête

❶

Faire une démonstration de l'effet Doppler en enfonçant un timbre électrique dans une balle spongieuse et en la faisant virer au-dessus de la tête. On peut faire la même démonstration en plaçant le timbre électrique dans un sac de plastique rigide. Inviter les élèves à noter la différence dans la fréquence perçue à différentes positions.



Présenter des diagrammes pour expliquer l'origine de ce phénomène (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 359, *La physique et le monde moderne*, p. 265 et 266, ou *Physique 11*, p. 403).

En fin

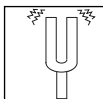
❶

Inviter les élèves à relever d'autres exemples de l'effet Doppler tirés de la vie de tous les jours et à les enregistrer à l'aide d'un caméscope si possible. Inviter les élèves à préparer une page d'accueil qui présente l'ensemble des vidéoclips.

OU

❷

Aborder une application de l'effet Doppler. Ce phénomène permet aux astronomes d'observer les étoiles lointaines, aux policiers de déterminer la vitesse des voitures sur la route et aux médecins de visualiser les organes internes.

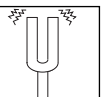


Stratégies d'évaluation suggérées



Inviter les élèves à décrire et à dessiner l'effet Doppler pour les situations suivantes :

- une voiture de course;
- un avion qui passe à basse altitude;
- un moustique qui tourne autour de la tête.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc S **L'échelle des décibels**

L'élève sera apte à :

S3P-1-25 définir en termes qualitatifs l'échelle des décibels et donner des exemples correspondant à diverses intensités sonores;
RAG : B3, B5

S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants.
RAG : A2, C8

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Inviter les élèves à identifier des sons qui sont douloureux pour l'oreille humaine et à les classer du plus douloureux au moins douloureux.

En quête



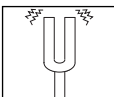
A) Présenter un tableau d'intensité sonore aux élèves (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 321, *La physique et le monde moderne*, p. 276, ou *Physique 11*, p. 456) et les inviter à vérifier leurs prédictions.

B) Inviter les élèves à compléter un cadre de notes (voir l'annexe 34) décrivant l'échelle des décibels. Le corrigé figure à l'annexe 35.

En fin



Discuter des mesures de sécurité que l'on doit prendre pour se protéger l'ouïe, et discuter des circonstances auxquelles elles s'appliquent. Approfondir la compréhension des élèves en les invitant à évaluer le niveau de bruit autour de l'école et du quartier à l'aide d'un décibel-mètre.



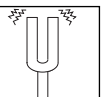
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter les élèves à préparer une série de questions d'association et à les échanger avec un autre élève pour s'autoévaluer. Préparer un test à partir des questions des élèves.

❷

Demander aux élèves de remplir un cadre de sommaire de concept sur l'échelle des décibels (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, annexe 11.3).



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc T
**Applications des ondes
sonores en médecine**

L'élève sera apte à :

S3P-1-26 décrire diverses applications médicales des ondes sonores et évaluer la contribution des technologies qui font appel au son dans les domaines de la santé et de la sécurité, par exemple les prothèses auditives, l'échographie, le stéthoscope, l'implant cochléaire;
RAG : B1, B2

S3P-0-3a analyser, selon diverses perspectives, des avantages et des inconvénients pour la société et l'environnement lorsqu'on applique des connaissances scientifiques ou on introduit une technologie particulière;
RAG : B1, B2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à partager leurs expériences en ce qui concerne les appareils médicaux dont le fonctionnement dépend des ondes sonores, par exemple les prothèses auditives, les implants cochléaires, l'échographie, l'échocardiographie, la mammographie, le stéthoscope.

En quête

❶

Inviter les élèves à préparer un rapport sous forme de vidéo, d'affiche, de page Web, de présentation multimédia, d'article de journal ou de rapport technique pour décrire une application médicale des ondes sonores. Le rapport devrait comprendre les éléments ci-dessous :

- ✓ un résumé du développement historique de l'application;
- ✓ une explication du fonctionnement de l'application, y compris le rôle des ondes sonores;
- ✓ un diagramme étiqueté;
- ✓ une description des avantages et des inconvénients de l'application.

OU

❷

Inviter les élèves à se renseigner au sujet des applications médicales des ondes sonores à l'aide de la stratégie Jigsaw (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.21). Diviser la classe en groupes d'experts et assigner à chacun un article décrivant une différente application médicale. Voici des thèmes et des articles possibles :

| Thème | Adresse du site Web |
|----------------------|---|
| Échographie | http://www.montchoisi.ch/radiologie/US.html |
| Mammographie | http://www.montchoisi.ch/radiologie/Mammo.html |
| Implants cochléaires | http://www2.globetrotter.net/futursimple/archives/implants.htm |
| Prothèses auditives | http://www.ordreaudio.qc.ca/aide_protheses.htm |

Inviter les élèves à préparer un court résumé de l'article en expliquant le fonctionnement de l'application (y compris le rôle des ondes sonores) ainsi que ses avantages et ses inconvénients. Vérifier les résumés de chaque groupe d'experts, faisant des corrections ou des ajouts s'il y a lieu. Pour s'assurer que chaque membre du groupe d'experts est en mesure d'expliquer son sujet, inviter les élèves à faire des explications à tour de rôle à l'intérieur du groupe d'experts. Ensuite, former des groupes hétérogènes (« familles ») pour qu'ils se partagent leurs nouvelles connaissances.

En fin

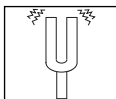
❶

Inviter les élèves à faire une exposition de leurs projets dans la classe et à se renseigner au sujet des autres applications médicales en examinant les rapports de leurs pairs.

En plus

❶



Inviter les élèves à préparer un aperçu biographique (voir l'annexe 36) pour un scientifique qui a contribué au développement d'une application médicale des ondes sonores, par exemple René T. H. Laennec, Samuel H. Maslak, Ian Donald, Alexander Graham Bell.



S3P-0-4b travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux;
RAG : C7

S3P-0-4e manifester un intérêt soutenu et plus éclairé dans les sciences et les questions d'ordre scientifique.
RAG : B4, B5

Stratégies d'évaluation suggérées

- ❶ Pour vérifier l'acquisition des connaissances par les élèves, utiliser la stratégie des têtes numérotées (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.12).
- ❷ Évaluer le rapport ou l'aperçu biographique des élèves en se servant d'une grille d'appréciation. Se servir du modèle de  l'annexe 12 en le modifiant.
- ❸ Inviter les élèves à évaluer leur participation à l'activité de groupes d'experts ( voir l'annexe 37).



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc U
**La physique
de la musique I**

L'élève sera apte à :

S3P-1-27 expliquer en termes qualitatifs les effets de la fréquence, de l'amplitude et de la forme de l'onde sur la hauteur, l'intensité et la qualité des sons produits par les instruments musicaux, entre autres les instruments à vent, les instruments à percussion, les instruments à cordes;
RAG : B4, E1

S3P-0-4e manifester un intérêt soutenu et plus éclairé dans les sciences et les questions d'ordre scientifique.
RAG : B4, B5

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Inviter les élèves à faire un remue-méninges pour relever des exemples d'instruments de musique et à les classer en catégories : les instruments à cordes, les instruments à vent, les instruments à percussion et les autres instruments.

En quête

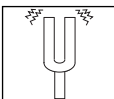


Expliquer les rapports entre la fréquence et la hauteur, l'amplitude et l'intensité, et la forme de l'onde et la qualité (le timbre) du son. Inviter les élèves à compléter un cadre de notes pour approfondir leur compréhension (voir l'annexe 38). Le corrigé figure à l'annexe 39.

En fin



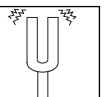
Inviter les élèves à vérifier les notes prises en essayant divers instruments.



Stratégies d'évaluation suggérées



Inviter les élèves à relever les ressemblances et les différences entre les instruments à cordes, les instruments à vent et les instruments à percussion en ce qui a trait à la hauteur, à l'intensité et à la qualité des sons produits.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc V
**La physique
de la musique II**

L'élève sera apte à :

S3P-1-28 décrire les rapports de fréquence d'une octave de la gamme diatonique et des accords parfaits majeurs.
RAG : B4, E1

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Faire une démonstration de la gamme diatonique majeure à l'aide d'un clavier, ainsi que d'accords consonants et dissonants. Poser la question suivante aux élèves :

- Pourquoi certains accords sont agréables à l'oreille tandis que d'autres ne le sont pas?

En quête

❶

Inviter les élèves à prendre en note les points ci-dessous :

- L'oreille humaine est sensible au rapport de deux fréquences sonores plutôt qu'à leur différence. Certains rapports de fréquence sont agréables à l'oreille, par exemple l'unisson (1 : 1), l'octave (2 : 1), la quinte juste (3 : 2) et la tierce majeure (5 : 4).
- Un accord parfait majeur a un rapport de fréquence de 4 : 5 : 6 (4/4 : 5/4 : 6/4). Il est formé d'une tierce majeure et d'une quinte juste au-dessus de la note de fréquence fondamentale. Cet accord a un haut degré de consonance.

En physique, le *do* du milieu a une fréquence de 256 Hz. Les autres fréquences peuvent être calculées à partir de ce *do*. Par exemple, le *la* a une fréquence de 426,7 Hz. Cependant, les musiciens utilisent habituellement une fréquence de 440 Hz pour représenter le *la*. La gamme des musiciens (gamme tempérée) divise l'octave en 12 intervalles égaux (*do*, *do dièse*, *ré*, *ré dièse*, *mi*, *fa*, *fa dièse*, *sol*, *sol dièse*, *la*, *la dièse*, *si* et *do*). Chaque intervalle correspond à un demi-ton. Ceci permet de facilement transposer un morceau d'un ton à un autre.

- Les fréquences de notes séparées d'une octave ont un rapport de 2 : 1. C'est-à-dire que les fréquences 256 Hz et 512 Hz constituent une octave.
- Une gamme est la division d'un intervalle d'octave en une suite d'intervalles parfaitement définis. Il existe plusieurs types de gammes. La gamme diatonique est une suite de notes fondée sur l'accord parfait majeur. On donne à la gamme le nom de sa première note.

En fin

❶

Inviter les élèves à écouter la musique de cultures qui emploient une gamme autre que la gamme diatonique.

OU

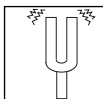
❷

Inviter les élèves à réviser le vocabulaire des ondes et du son en complétant un jeu de mots croisés (voir l'annexe 40). Le corrigé figure à l'annexe 41.

OU

❸

Inviter les élèves à préparer un dictionnaire sur les ondes et le son. Ils doivent trouver un mot pour chaque lettre de l'alphabet puis écrire leur propre définition. Il faut indiquer aux élèves le nombre minimal de mots. Par exemple, si l'on considère qu'il est difficile de trouver un mot pour certaines lettres, on peut exiger un minimum de 20 mots.



| | |
|---|--|
| A. Amplitude | N. Nœud |
| B. Bac à ondes, battement | O. Onde, octave, oreille, oscilloscope |
| C. Compression, crête, creux, cycle | P. Percussion, période |
| D. Décibel, diapason, diffraction | Q. Qualité de son |
| E. Effet Doppler, extrémité fixe, extrémité libre | R. Raréfaction, réflexion, réfraction, résonance |
| F. Fréquence | S. Source, stationnaire, superposition |
| G. Gamme | T. Transversale |
| H. Harmonique, hertz | U. Ultrasons |
| I. Impulsion, intensité sonore, interférence | V. Ventres, vibration, vitesse |
| J. Jam-session, jacassement, jappement, java | W. Walkman, Walkyrie, watt, wattmètre, woofers |
| K. Kilomètre | X. Xylophone |
| L. Longitudinale, longueur d'onde | Y. Yéyé, youyou |
| M. Milieu | Z. Zones claires, zones sombres |

Stratégies d'évaluation suggérées

❶

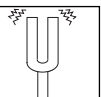
Inviter les élèves à déterminer la fréquence d'une note une ou deux octaves au-dessus ou en dessous d'une note de fréquence donnée.

❷

Inviter les élèves à répondre à la question suivante :

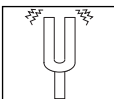
Trouvez l'accord parfait majeur à partir des notes ci-dessous et déterminez la fréquence des autres notes dans l'accord à partir de la fréquence fondamentale.

- *do*, 256 Hz (mi, 320 Hz et sol, 384 Hz);
- *fa*, 341,3 Hz (la, 426,7 Hz et do, 512 Hz).



LISTE DES ANNEXES

| | | |
|-------------|--|-------|
| Annexe 1 : | Les ondes – Renseignements pour l'enseignant | 1.61 |
| Annexe 2 : | Exercice – Les ondes | 1.63 |
| Annexe 3 : | Les ondes – Corrigé | 1.64 |
| Annexe 4 : | Cadre de notes – La réflexion et la transmission d'ondes | 1.66 |
| Annexe 5 : | Cadre de notes – Corrigé | 1.69 |
| Annexe 6 : | Exploration – La réflexion et la transmission d'ondes | 1.72 |
| Annexe 7 : | La réflexion et la transmission d'ondes – Corrigé..... | 1.74 |
| Annexe 8 : | La superposition – Renseignements pour l'enseignant | 1.75 |
| Annexe 9 : | Exercice – La superposition | 1.76 |
| Annexe 10 : | Test – Les ondes à une dimension | 1.78 |
| Annexe 11 : | Références bibliographiques..... | 1.82 |
| Annexe 12 : | Grille d'évaluation – Projet de recherche sur les technologies de communication..... | 1.84 |
| Annexe 13 : | Les ondes à deux dimensions | 1.85 |
| Annexe 14 : | Cycle de mots | 1.86 |
| Annexe 15 : | Organigramme – Les ondes à deux dimensions | 1.87 |
| Annexe 16 : | La loi de Snell | 1.88 |
| Annexe 17 : | Exercice – La loi de Snell | 1.90 |
| Annexe 18 : | La diffraction des vagues d'eau | 1.91 |
| Annexe 19 : | Diagramme du jeu d'interférence produit par deux sources ponctuelles | 1.92 |
| Annexe 20 : | Diagramme du jeu d'interférence produit par deux sources ponctuelles – Corrigé .. | 1.93 |
| Annexe 21 : | L'effet de Moiré | 1.94 |
| Annexe 22 : | Production, transmission et détection de son..... | 1.95 |
| Annexe 23 : | Fiche de recherche – Production, transmission et détection de son | 1.96 |
| Annexe 24 : | Le processus de prise de décisions | 1.98 |
| Annexe 25 : | Les étapes du processus de prise de décisions – Survol schématique..... | 1.101 |
| Annexe 26 : | Les étapes du processus de prise de décisions – Liste d'actions | 1.102 |
| Annexe 27 : | Grille d'accompagnement – Le bruit dans l'environnement | 1.103 |
| Annexe 28 : | Grille d'évaluation pour la prise de décisions | 1.104 |
| Annexe 29 : | Processus de design – Le comment et le pourquoi | 1.106 |
| Annexe 30 : | Grille d'observation | 1.112 |
| Annexe 31 : | L'interférence des ondes sonores – Renseignements pour l'enseignant | 1.113 |
| Annexe 32 : | Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience | 1.114 |
| Annexe 33 : | La vitesse du son – Renseignements pour l'enseignant..... | 1.115 |
| Annexe 34 : | Cadre de notes – L'échelle des décibels | 1.116 |
| Annexe 35 : | Cadre de notes – Corrigé | 1.117 |
| Annexe 36 : | Aperçu biographique d'un scientifique | 1.118 |
| Annexe 37 : | Autoévaluation de l'apprentissage par groupes d'experts | 1.119 |
| Annexe 38 : | La physique de la musique | 1.120 |
| Annexe 39 : | La physique de la musique – Corrigé | 1.121 |
| Annexe 40 : | Grille de mots croisés – Les ondes et le son | 1.122 |
| Annexe 41 : | Grille de mots croisés – Corrigé | 1.124 |

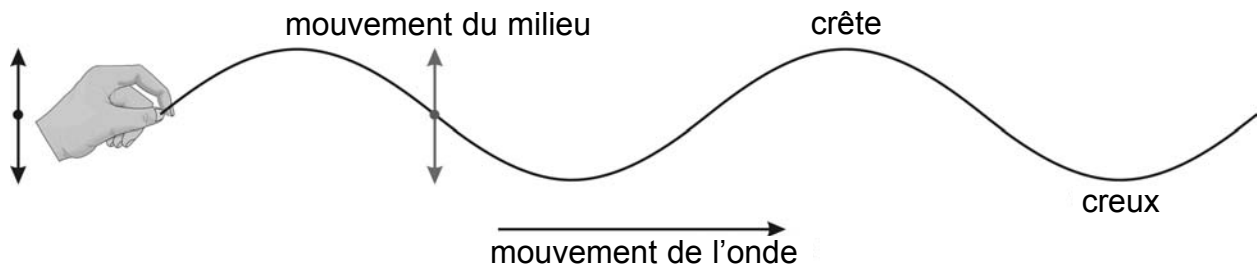


ANNEXE 1 : Les ondes – Renseignements pour l'enseignant

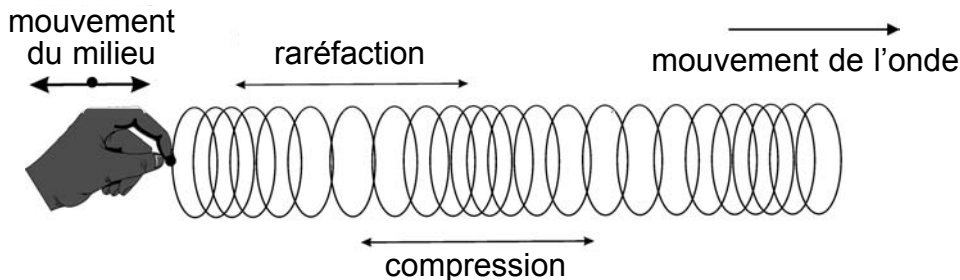
Il existe plusieurs types d'ondes, par exemple le son, la lumière et les vagues. De plus, il existe de nombreux phénomènes que l'on peut représenter sous forme d'ondes, par exemple le mouvement d'un pendule ou d'une masse suspendue à un ressort.

Une onde est une perturbation qui produit un transfert d'énergie d'un endroit à l'autre. On peut classer les ondes en deux catégories selon qu'elles nécessitent un milieu ou non. Une onde mécanique comme le son nécessite un milieu alors qu'une onde électromagnétique comme la lumière n'en nécessite pas et peut donc traverser le vide.

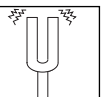
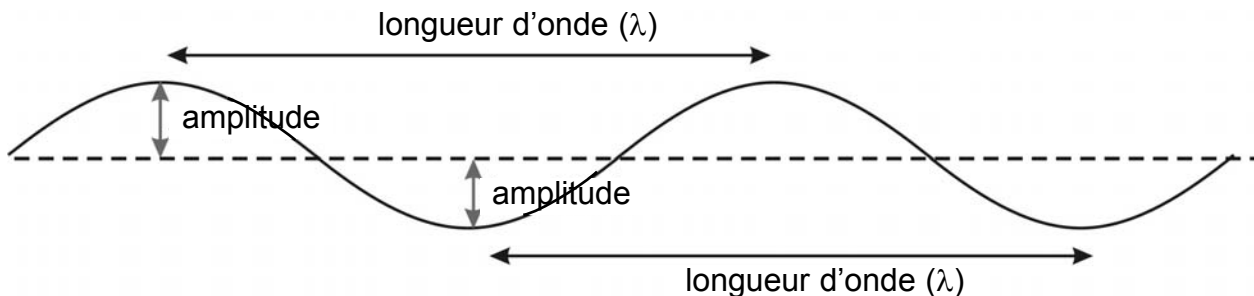
On peut également classer les ondes selon le sens de mouvement. Le mouvement des ondes transversales est perpendiculaire à la perturbation. Dans le diagramme ci-dessous, les particules du milieu vibrent de haut en bas alors que la perturbation avance de gauche à droite. Les ondes électromagnétiques sont un exemple d'ondes transversales. Les champs magnétique et électrique qui engendrent les ondes électromagnétiques sont perpendiculaires l'un à l'autre et au sens du mouvement des ondes.



Le mouvement des ondes longitudinales est parallèle à la perturbation. Dans le diagramme ci-dessous, les particules du milieu vibrent de gauche à droite tout comme la perturbation qui avance de gauche à droite.



Malgré leurs différences sur le plan physique, les ondes transversales et longitudinales ont deux caractéristiques importantes en commun, soit l'amplitude et la longueur d'onde. Cela dit, on peut représenter les deux par le même modèle mathématique.



ANNEXE 1 : Les ondes – Renseignements pour l'enseignant (suite)

Les ondes transversales sont composées de deux éléments clé : les **crêtes**, qui sont les régions au-dessus de l'axe d'équilibre, et les creux, qui sont les régions sous l'axe d'équilibre. Les crêtes sont entraînées par des impulsions positives alors que les creux sont entraînés par des impulsions négatives.

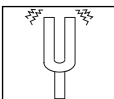
Les ondes longitudinales sont également composées de deux éléments clé : les **compressions**, qui sont les régions où les particules sont rapprochées, et les **raréactions**, qui sont les régions où les particules sont éloignées. Les compressions sont des zones de haute pression alors que les raréactions sont des zones de basse pression.

Les ondes transversales et longitudinales ont plusieurs caractéristiques en commun :

- Une particule du milieu effectue **un cycle** lorsqu'elle fait un tour complet. Un cycle d'une onde transversale comprend une crête et un creux. Un cycle d'une onde longitudinale comprend une compression et une raréfaction.
- **L'amplitude** d'une onde consiste en la distance maximale franchie par les particules du milieu dans l'un ou l'autre des deux sens à partir de la position de repos. L'amplitude équivaut à un quart de cycle. L'amplitude d'une **onde idéale** est constante, car elle ne cède aucune énergie à son milieu. L'amplitude des autres ondes diminue en fonction de la perte d'énergie.
- **La longueur d'onde** est constante pour une onde donnée dans un milieu homogène. La longueur d'onde consiste en la distance entre points homologues de deux cycles consécutifs. Son symbole est la lettre grecque *lambda* (λ). La longueur d'onde est généralement mesurée en mètres.
- **La fréquence de l'onde** est le nombre de cycles par seconde. Son symbole est f . On mesure la fréquence en *hertz* (Hz) ou en s^{-1} .
- **La période** est la durée d'un cycle. Son symbole est T . On mesure la période en *secondes*, *minutes*, *heures* ou *ans*.

La période est la réciproque de la fréquence. Les formules ci-dessous permettent de transformer la période en fréquence et vice versa :

$$T = \frac{1}{f} \quad f = \frac{1}{T}$$

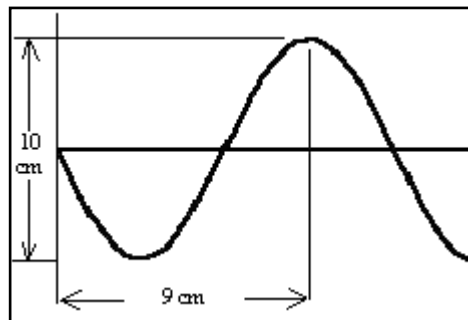


ANNEXE 2 : Exercice – Les ondes

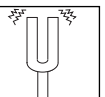
Nom : _____

Date : _____

- Classe les mouvements ci-dessous comme vibration longitudinale ou transversale.
 - la vibration d'un tremplin;
 - un enfant qui saute verticalement sur un trampoline;
 - le pendule d'une horloge;
 - les amortisseurs d'une voiture qui se compriment sur une route cahoteuse.
- Une onde longitudinale possède des _____, soit des régions où les particules sont _____ et des _____, soit des régions où les particules sont _____.
- Une onde transversale possède des _____ et des _____, soit des régions où les particules sont au-dessus ou en dessous de _____.
- Deux élèves séparés d'une distance de 9,0 m s'amuse avec un ressort. Quelle est la longueur d'onde s'ils produisent un système d'ondes composé :
 - d'une seule crête?
 - d'une crête et d'un creux?
 - d'une crête et de deux creux?
 - de deux crêtes et de deux creux?
- Détermine la longueur d'onde et l'amplitude de l'onde illustrée ci-dessous.



- Les feux de circulation sont souvent programmés pour changer à des intervalles réguliers. Un élève observe 15 feux rouges pendant un intervalle de 25 minutes. Quelles en sont la période et la fréquence?
- Les ondes radio ont une fréquence de 10^4 à 10^{10} Hz. Quelle est la période correspondant?
- La chlorophylle *a* absorbe la lumière rouge dont la longueur d'onde est d'environ 660 nm. Si la lumière rouge se déplace à la vitesse constante de $3,0 \times 10^8$ m/s, quelles en sont la fréquence et la période?



ANNEXE 3 : Les ondes – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

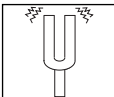
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 3 : Les ondes – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

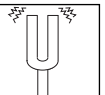
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 4 : Cadre de notes – La réflexion et la transmission d'ondes

Nom : _____

Date : _____

La propagation d'ondes à une dimension

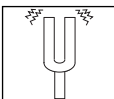
La vitesse d'une onde est _____ pour un milieu donné. Selon l'équation d'une onde ($v = f\lambda$), si la vitesse est constante, $f \propto \frac{1}{\lambda}$. Cela veut dire que si l'on augmente la fréquence de l'onde, sa longueur d'onde _____ . Pense aux ressorts que nous avons étudiés en classe :

1. Pour obtenir de plus en plus de crêtes et de creux, il faut produire des impulsions plus _____ dans le ressort.
2. Lorsque le nombre de crêtes et de creux augmente, la longueur d'onde _____ .

Lorsqu'une impulsion arrive à la fin du milieu, elle est _____. Si l'extrémité du milieu est _____, l'impulsion est réfléchiée en se renversant par rapport à l'axe d'équilibre. Cela veut dire qu'une crête devient un _____ et qu'un creux devient une _____. Si l'extrémité du milieu est _____, l'impulsion est réfléchiée sans se renverser. Diagrammes :

Extrémité fixe

Extrémité libre

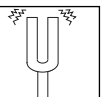


ANNEXE 4 : Cadre de notes – La réflexion et la transmission d'ondes (suite)**La propagation d'une onde d'un milieu à un autre**

Lorsqu'une onde passe d'un milieu à un autre, sa _____ change. Comme la fréquence d'une onde est caractéristique de l'onde et ne _____ jamais, sa _____ change dans le nouveau milieu. Étudions l'équation d'onde : $v = f\lambda$. Si la vitesse de l'onde augmente dans le nouveau milieu, sa longueur d'onde _____ aussi. Si la vitesse de l'onde diminue, sa longueur d'onde _____ aussi.

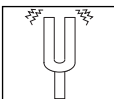
Lorsqu'une onde passe d'un milieu à un autre, il se produit une _____ : une partie de _____ est réfléchi dans l'ancien milieu tandis qu'une partie est transmise au nouveau.

Lorsqu'une onde se propageant dans un milieu rapide atteint la _____ d'un milieu lent, la frontière agit comme extrémité _____. L'impulsion se réfléchit dans le milieu rapide en _____ par rapport à l'axe d'équilibre. La vitesse de l'impulsion transmise au milieu lent _____. Comme sa fréquence est conservée, sa longueur d'onde _____ aussi. Diagramme :



ANNEXE 4 : Cadre de notes – La réflexion et la transmission d'ondes (suite)

Lorsqu'une onde se propageant dans un milieu lent atteint la frontière d'un milieu rapide, la frontière agit comme extrémité _____. L'impulsion se réfléchit dans le milieu rapide sans _____. La vitesse de l'impulsion transmise au milieu rapide _____. Comme sa fréquence est conservée, sa longueur d'onde _____ aussi.
Diagramme :



ANNEXE 5 : Cadre de notes – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

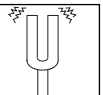
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 5 : Cadre de notes – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

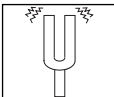
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 5 : Cadre de notes – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 6 : Exploration – La réflexion et la transmission d'ondes

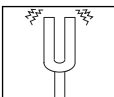
Nom : _____

Date : _____

Note tes observations en cochant une réponse parmi celles fournies.

| Un ressort – Extrémité libre | |
|--|---|
| | Impulsion réfléchie |
| Vitesse | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Amplitude | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Longueur d'onde | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Position par rapport à l'impulsion incidente | <input type="checkbox"/> Du même côté de l'axe d'équilibre <input type="checkbox"/> De l'autre côté de l'axe d'équilibre |

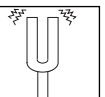
| Un ressort – Extrémité fixe | |
|--|---|
| | Impulsion réfléchie |
| Vitesse | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Amplitude | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Longueur d'onde | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Position par rapport à l'impulsion incidente | <input type="checkbox"/> Du même côté de l'axe d'équilibre <input type="checkbox"/> De l'autre côté de l'axe d'équilibre |



ANNEXE 6 : Exploration – La réflexion et la transmission d'ondes (suite)

| Deux ressorts – Impulsion passant d'un milieu lent à un milieu rapide | | |
|---|---|---|
| | Impulsion réfléchie | Impulsion transmise |
| Vitesse | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Amplitude | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Longueur d'onde | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Position par rapport à l'impulsion incidente | <input type="checkbox"/> Du même côté de l'axe d'équilibre <input type="checkbox"/> De l'autre côté de l'axe d'équilibre | <input type="checkbox"/> Du même côté de l'axe d'équilibre <input type="checkbox"/> De l'autre côté de l'axe d'équilibre |

| Deux ressorts – Impulsion passant d'un milieu rapide à un milieu lent | | |
|---|---|---|
| | Impulsion réfléchie | Impulsion transmise |
| Vitesse | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Amplitude | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Longueur d'onde | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée | <input type="checkbox"/> Plus grande <input type="checkbox"/> Plus petite <input type="checkbox"/> Inchangée |
| Position par rapport à l'impulsion incidente | <input type="checkbox"/> Du même côté de l'axe d'équilibre <input type="checkbox"/> De l'autre côté de l'axe d'équilibre | <input type="checkbox"/> Du même côté de l'axe d'équilibre <input type="checkbox"/> De l'autre côté de l'axe d'équilibre |



ANNEXE 7 : La réflexion et la transmission d'ondes – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

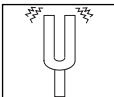
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

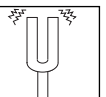
coût : 19,85 \$



ANNEXE 8 : La superposition – Renseignements pour l'enseignant

Lorsque deux ondes agissent en même temps sur les mêmes particules d'un milieu, elles se superposent, donnant lieu au phénomène appelé *interférence*. Le déplacement résultant des particules est égal à la somme du déplacement entraîné par chaque onde incidente. Lorsque le déplacement résultant est supérieur au déplacement entraîné par l'une ou l'autre des ondes incidentes, on parle d'interférence constructive. Lorsque le déplacement résultant est inférieur au déplacement entraîné par l'une ou l'autre des ondes incidentes, on parle d'interférence destructive. L'interférence destructive totale survient lorsque deux ondes de longueur et d'amplitude identiques se superposent. Il en résulte une région sans perturbation appelée *nœud*.

Les ondes stationnaires sont un exemple particulier d'interférence. Elles surviennent lorsque deux ondes périodiques ayant la même longueur d'onde et la même amplitude se déplacent en sens opposés dans le même milieu. Les ondes stationnaires sont constituées de nœuds et de ventres entraînés par l'interférence destructive et constructive, respectivement. La distance entre nœuds consécutifs est égale à $\frac{1}{2}\lambda$.

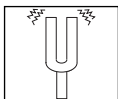
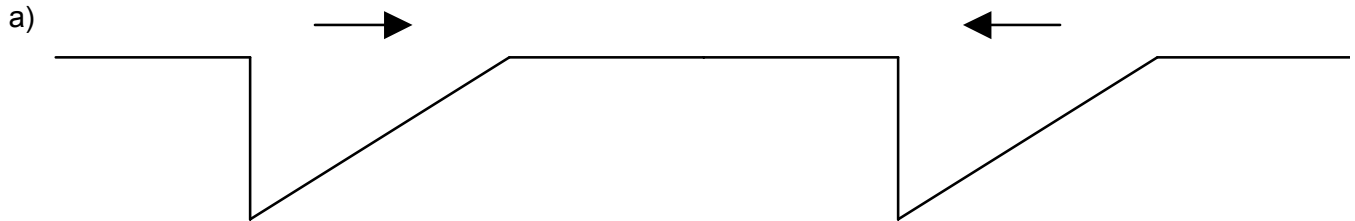


ANNEXE 9 : Exercice – La superposition

Nom : _____

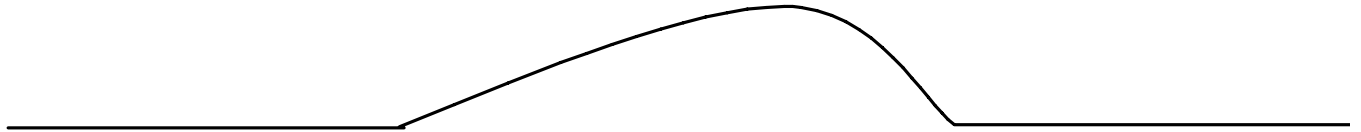
Date : _____

1. Trace l'onde entraînée par la superposition des deux impulsions.

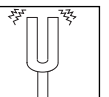
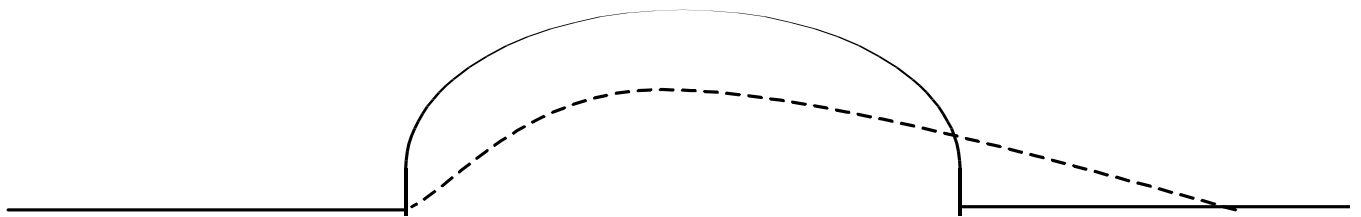


ANNEXE 9 : Exercice – La superposition (suite)

2. Trace une onde se déplaçant vers la gauche qui pourra annuler pour un instant l'onde qui se déplace vers la droite..



3. Trace l'onde résultante.



ANNEXE 10 : Test – Les ondes à une dimension

Nom : _____

Date : _____

1. Définis les termes qui suivent :

a) longueur d'onde

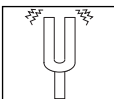
b) amplitude

c) onde transversale

d) fréquence

2. Explique ce qu'est une onde.

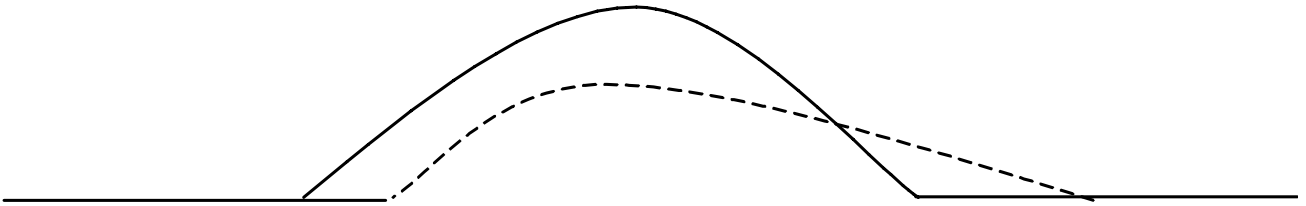
3. Une onde stationnaire se produit lorsque deux ondes se déplaçant en sens contraires se superposent. Quelles deux propriétés des ondes doivent être égales?



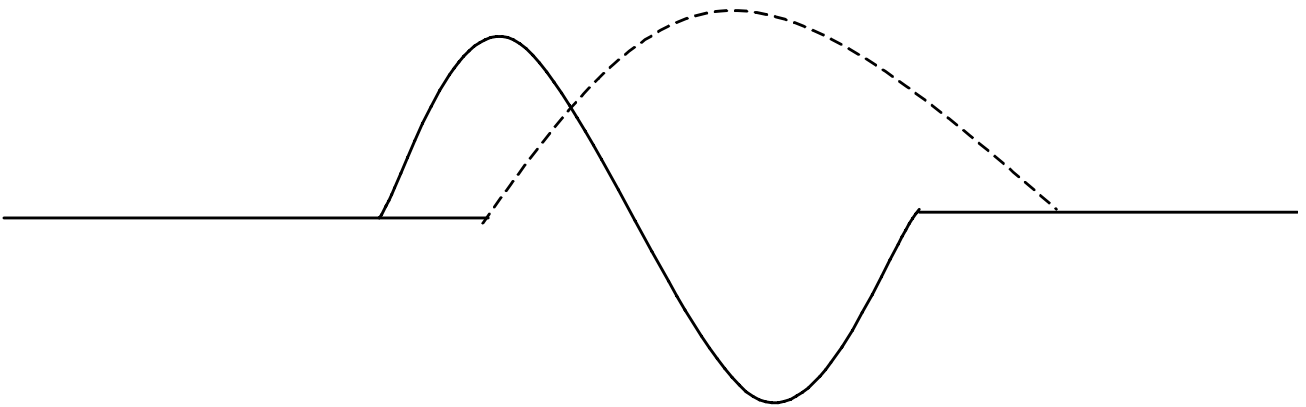
ANNEXE 10 : Test – Les ondes à une dimension (suite)

4. Trace l'onde résultante:

a)



b)

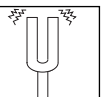


5. À l'aide de diagrammes, démontre ce qui se déroule dans chacune des situations qui suit. Tes diagrammes doivent inclure l'impulsion transmise ainsi que l'impulsion réfléchie.

a) impulsion arrivant à une extrémité fixe.

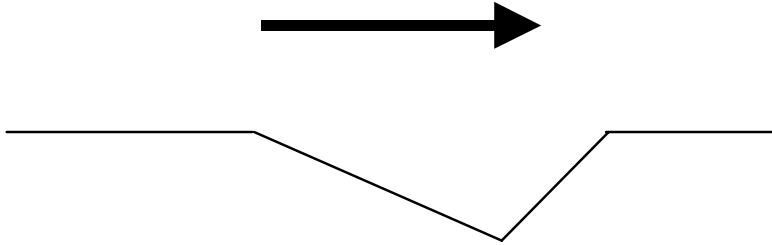
b) impulsion passant d'un ressort lourd à un ressort léger.

c) impulsion passant d'un ressort léger à un ressort lourd.

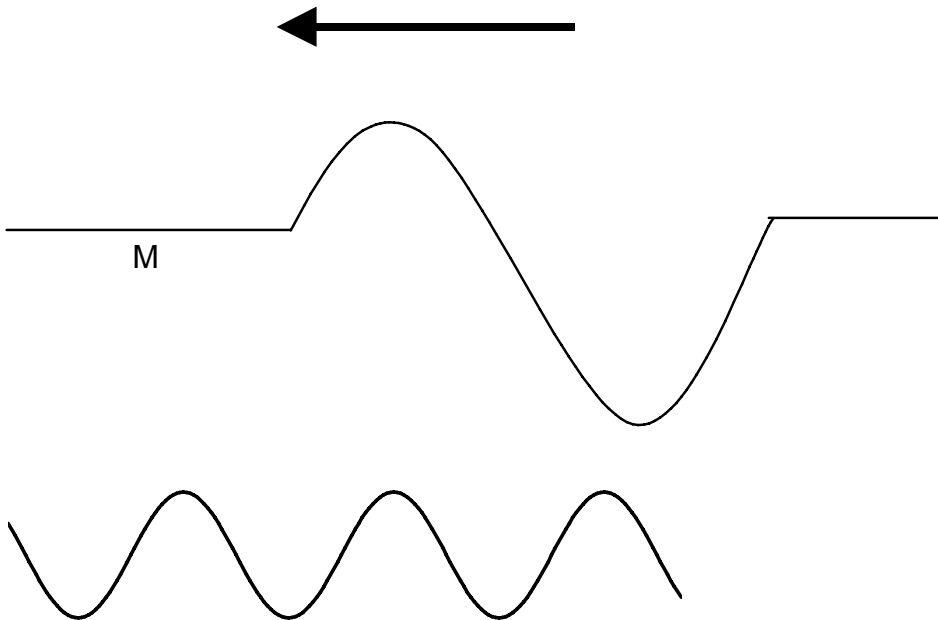


ANNEXE 10 : Test – Les ondes à une dimension (suite)

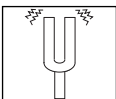
6. Trace une onde se déplaçant vers la gauche qui pourra annuler pour un instant l'onde qui se déplace vers la droite.



7. Trace une onde se déplaçant vers la droite qui traversera l'onde ci-dessous sans que le point M ne soit perturbé.

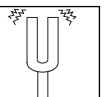


8. Le diagramme ci-dessus représente un segment de corde le long duquel se propage une onde transversale. Quelle est :
- la longueur d'onde de l'impulsion?
 - l'amplitude de l'impulsion?
 - la fréquence de l'impulsion si elle prend 0,28 s à franchir une distance égale à une longueur d'onde?



ANNEXE 10 : Test – Les ondes à une dimension (suite)

-
9. Calcule la vitesse d'une onde ayant une longueur d'onde de 0,27 m et une fréquence de 7,5 Hz.
10. Une onde transversale se propage le long d'un ressort. Calcule la période de l'onde si la longueur d'onde a une valeur de 0,45 m et qu'elle se déplace à une vitesse de 22 m/s.
11. Une femme fait la pêche dans un canot immobile au milieu d'un lac. Un bateau à vitesse qui se met en marche à 7,5 mètres du canot crée des vagues qui se déplacent à une vitesse de 0,85 m/s avec une fréquence de 0,95 Hz.
- a) Quelle est la longueur d'onde de ces vagues?
- b) Combien de longueurs d'onde pourrait-il y avoir dans l'espace entre le bateau à vitesse et le canot?
12. Deux élèves se tiennent à 480 cm l'un de l'autre, tenant chacun dans la main une extrémité d'un long ressort. Ils font vibrer le ressort et entraînent la formation d'une onde stationnaire comportant 3 ventres.
- a) Trace un diagramme étiqueté de l'onde stationnaire.
- b) Combien de nœuds y a-t-il?
- c) Quelle est la distance entre chaque nœud?
- d) Quelle est la longueur d'onde de l'onde stationnaire?



ANNEXE 11 : Références bibliographiques

Nom : _____

Date : _____

Voici des lignes directrices en matière de présentation des références bibliographiques pour diverses sources d'information, soit des livres, des encyclopédies, des articles de revues ou de journaux, des brochures ou autres imprimés, des vidéocassettes, des documents électroniques et des personnes-ressources.

LIVRES OU ENCYCLOPÉDIES

- **nom** de l'auteur ou de l'auteure en majuscules, virgule, prénom en toutes lettres, point;
une auteure : AUDET, Marie.
deux auteurs : AUDET, Marie, et Jean BOUCHARD.
trois auteurs : AUDET, Marie, Jean BOUCHARD et Claire CHAMPAGNE.
quatre auteurs et plus : AUDET, Marie, et autres.
sans auteur : *Grand dictionnaire encyclopédique Larousse*.
- **titre** du livre en italique, virgule;
- **lieu de publication**, virgule;
- **maison d'édition**, virgule;
- **date de publication**, virgule;
- **pages ou volumes consultés**, point;
- titre de la **collection**, entre parenthèses, point.

COSTA DE BEAUREGARD, Diane, et Catherine DE SAIRIGNÉ. *L'eau de la source à l'océan*, Paris, Gallimard Jeunesse, 1995, p. 20-29. (Collection Les racines du savoir nature).

DION, Marie-Claude, et autres. *Jeux de vélo*, Sainte-Foy (Québec), Éditions MultiMondes, 1998, p. 91-93.

Grand dictionnaire encyclopédique Larousse. Paris, Librairie Larousse, vol. 8, 1985.

HAWKES, Nigel. *La chaleur et l'énergie*, Montréal, Éditions École Active, 1997, p. 8-11. (Collection Flash Info).

ARTICLES DE REVUES OU DE JOURNAUX

- **nom** et prénom de l'auteur ou des auteurs (comme pour un livre), point;
- **titre** de l'article entre guillemets français, virgule;
- nom de la **revue** ou du journal, en italique, virgule;
- mention du **volume**, du **numéro**, de **la date**, du **mois** ou de **la saison** et de **l'année**, virgule;
- mention de la première et de la dernière **pages** de l'article, liées par un trait d'union, ou de la page ou des pages citées, point.

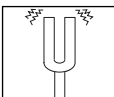
AGNUS, Christophe, et Sylvie O'DY. « La planète Océan », *L'Express*, n° 2403, 24 novembre 1997, p. 24-39.

« Des lacs au goût de sel ». *Le Journal des jeunes*, vol. 12, n° 2, 13 octobre au 9 novembre 2000, p. 3.

DUBÉ, Catherine. « Cancer, diabète, sida, Alzheimer : comment nous les vaincrons », *Québec Science*, vol. 39, n° 3, novembre 2000, p. 28-35.

BROCHURES OU AUTRES ARTICLES IMPRIMÉS

- **nom** de l'auteur ou de l'organisme, point;
- **titre** de la brochure, virgule;
- **lieu** de publication, virgule;
- **organisme** ou **maison d'édition**, virgule;
- **date de publication**, virgule;
- nombre de **pages**, point;
- titre de la **collection**, entre parenthèses, point.



ANNEXE 11 : Références bibliographiques (suite)

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *L'histoire de l'eau potable*, Denver (Colorado), 1991, 15 p.
 FÉDÉRATION CANADIENNE DE L'AGRICULTURE. *L'agriculture au Canada*, Ottawa, 1998, 36 p.
 SERVICE DES EAUX, DU TRAITEMENT DES EAUX USÉES ET DES DÉCHETS SOLIDES. *Winnipeg et l'eau : L'eau, une ressource indispensable*, Manitoba, Ville de Winnipeg, 13 p.

DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES

- **nom** et prénom de l'auteur (comme pour un livre), point;
- **titre** de l'article entre guillemets français, virgule;
- **nom** du document en italique, virgule;
- **support** (cédérom, site Web, vidéocassette, etc.), virgule;
- **lieu**, virgule;
- **organisme ou maison d'édition**, virgule;
- **date**, point;
- pour les sites Web, entre crochets et sur une ligne à part : **adresse Web**, virgule, **date de consultation**.

« Isaac Newton », *Encyclopédie des sciences Larousse*, cédérom, Paris, Larousse, 1995.
 LANDRY, Isabelle. « Les plaques tectoniques », *L'escale*, site Web, Québec, KaziBao Productions, 2000.
 [http://www.lescale.net/plaques/, 8 novembre 2000]
 « La météorologie », *Méga Météo - partie 1*, vidéocassette, Ontario, TVOntario, 1999.

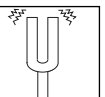
PERSONNES-RESSOURCES

- **nom** et prénom de la personne, point;
- **titre** ou **fonction** qu'occupe cette personne, virgule;
- **métier** et **formation**, virgule;
- **organisme** ou **société** où elle travaille, virgule;
- **date** de l'entrevue, point.

LAMOUREUX, Janelle. Animatrice et interprète, biologiste, Université du Manitoba, Centre Fort Whyte, 3 décembre 2001.

REMARQUES GÉNÉRALES

- Les références bibliographiques doivent être classées par ordre alphabétique.
- La première ligne de la référence est à la marge de gauche, mais la ou les lignes suivantes sont renfoncées.
- Dans une bibliographie qui comprend plusieurs types de documents, les références bibliographiques peuvent être classés par catégories, toutefois ce genre de regroupement n'est recommandé que lorsque le nombre de sources consultées est considérable.
- L'uniformité est le principe fondamental de toute bibliographie.
- Il faut s'assurer de noter tous les renseignements bibliographiques dès la première consultation, car il est très difficile de retracer ces informations plus tard.
- Certains renseignements bibliographiques énumérés ci-dessus ne sont pas faciles à repérer, parfois ils sont même absents. Se rappeler que le premier but d'une bibliographie est de permettre aux lecteurs et aux lectrices qui la parcourront de pouvoir trouver les ouvrages cités.

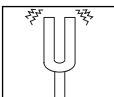


ANNEXE 12 : Grille d'évaluation – Projet de recherche sur les technologies de communication

Nom : _____

Date : _____

| Appréciation | Description |
|------------------|---|
| Excellent | L'élève explique le fonctionnement de la technologie et en décrit l'évolution au fil des années, y compris le rôle des percées scientifiques sous-jacentes. Ses explications et ses diagrammes sont clairs et concis. Il fait preuve de connaissances en rédigeant le texte dans ses propres mots. Il cite les références bibliographiques selon les critères précisés. Il emploie un vocabulaire scientifique précis. |
| Satisfaisant | L'élève explique le fonctionnement de la technologie et en décrit l'évolution au fil des années, y compris le rôle des percées scientifiques sous-jacentes. Ses explications et ses diagrammes sont assez clairs mais manquent certains renseignements pertinents. Il démontre une compréhension incomplète telle que manifestée par son incapacité de bien paraphraser tous les concepts. Il cite toutefois les références bibliographiques selon les critères précisés. Son vocabulaire scientifique est bien développé mais parfois imprécis. |
| Peu satisfaisant | L'élève tente d'expliquer le fonctionnement de la technologie et d'en décrire l'évolution au fil des années, y compris le rôle des percées scientifiques sous-jacentes. Ses explications et ses diagrammes sont incomplets ou inexacts. Il démontre une compréhension partielle des concepts à l'étude ainsi que de la rédaction scientifique, ne paraphrasant que très peu son texte et devant recopier de longs passages directement de ses ressources principales. Les références bibliographiques ne respectent pas les critères précisés. Son vocabulaire scientifique est peu développé. |
| Rudimentaire | L'élève tente d'expliquer le fonctionnement de la technologie et d'en décrire l'évolution au fil des années. Ses explications et ses diagrammes sont l'objet d'erreurs de raisonnement et d'un manque de compréhension, comportent des détails non pertinents et manquent des éléments clé. Il démontre une compréhension rudimentaire des concepts à l'étude et des techniques de rédaction scientifique. Cela se manifeste par son besoin de recopier de longs passages directement de ses ressources principales. Les références bibliographiques sont absentes ou ne respectent pas les critères précisés. Son vocabulaire scientifique est très peu développé. |

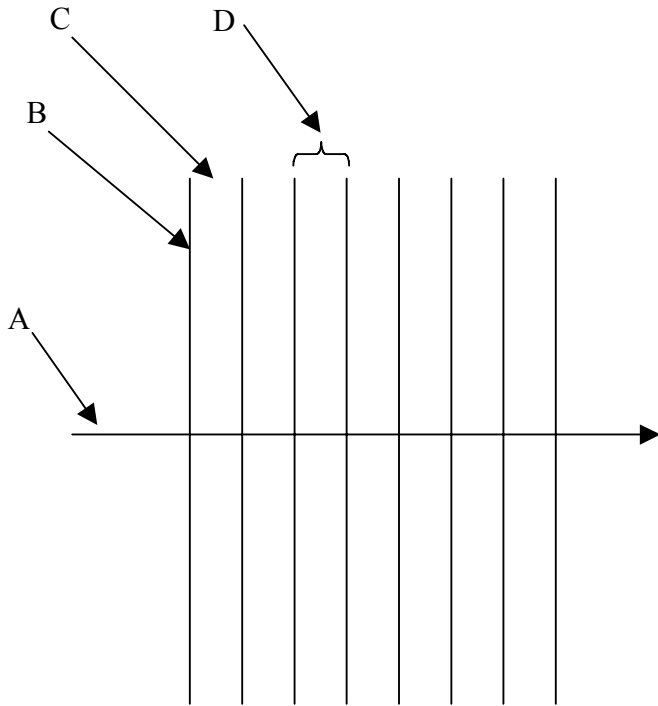


ANNEXE 13 : Les ondes à deux dimensions

Nom : _____

Date : _____

Étiquette chaque diagramme.



A _____

B _____

C _____

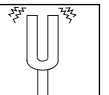
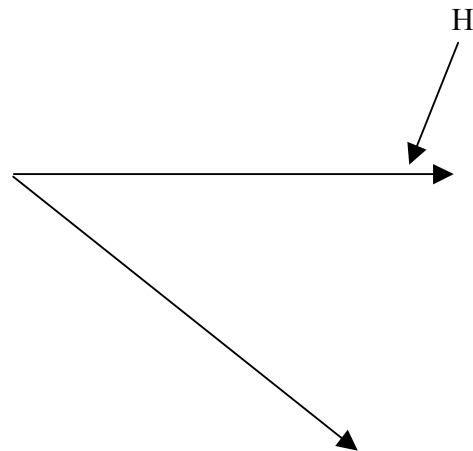
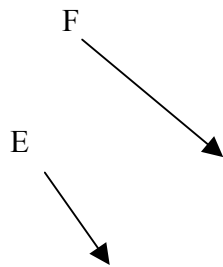
D _____

E _____

F _____

G _____

H _____

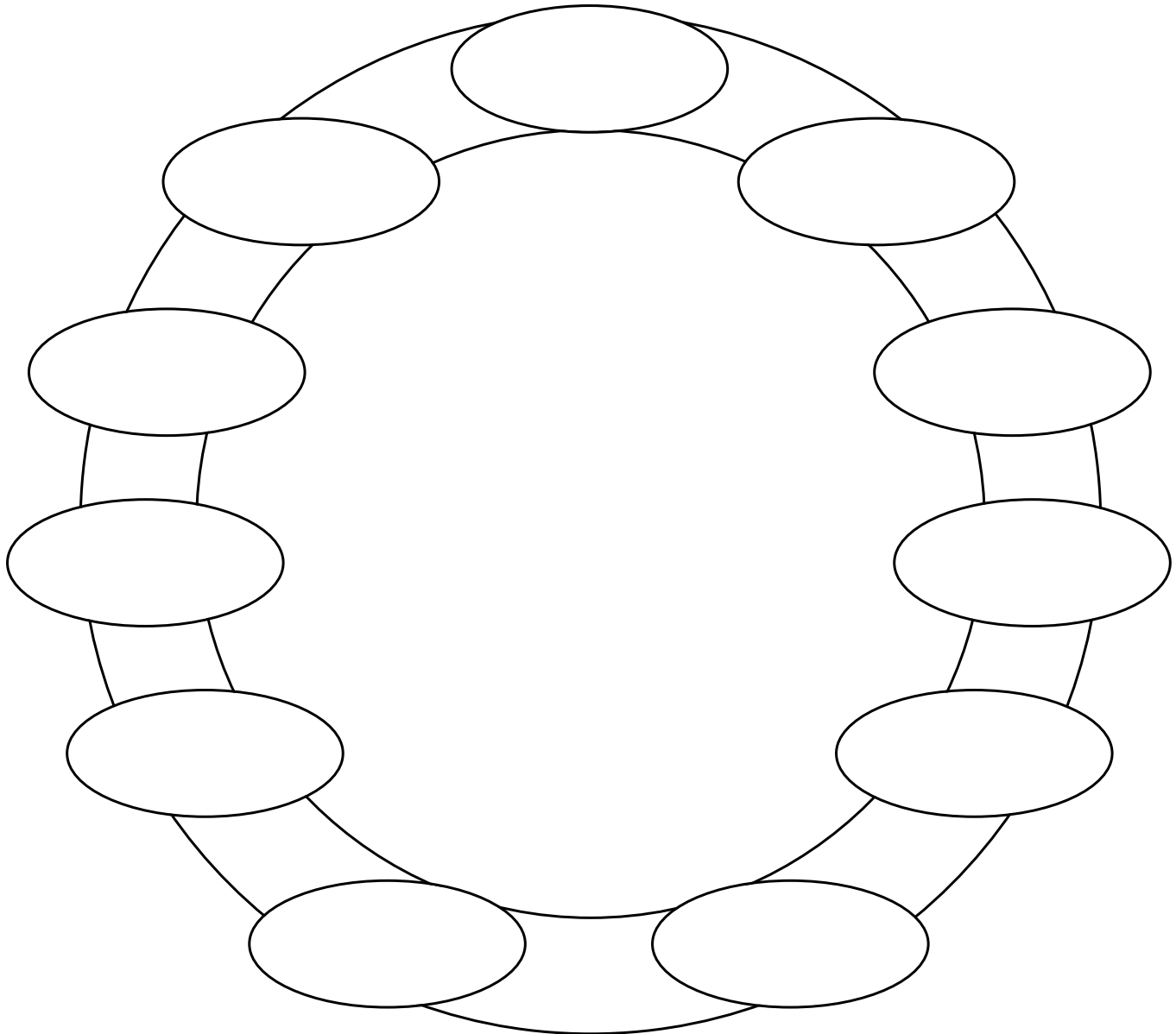


ANNEXE 14 : Cycle de mots

Nom : _____

Date : _____

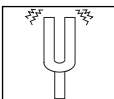
Choisis un des mots et place-le dans un des ovales. Dans l'ovale qui suit, place un autre mot qui est relié au premier. Compose une phrase qui relie chacune des paires de mots adjacents. Par exemple : « Le mot A est relié au mot B parce que... ». Écris le rapport entre ces mots sur l'arc de l'anneau qui les relie. Continue ainsi jusqu'à ce que tu aies placé neuf mots de la liste.



L'angle d'incidence
L'angle de réflexion
Le bac à ondes
La barrière parabolique

La barrière rectiligne
La normale
L'onde circulaire
L'onde rectiligne

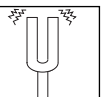
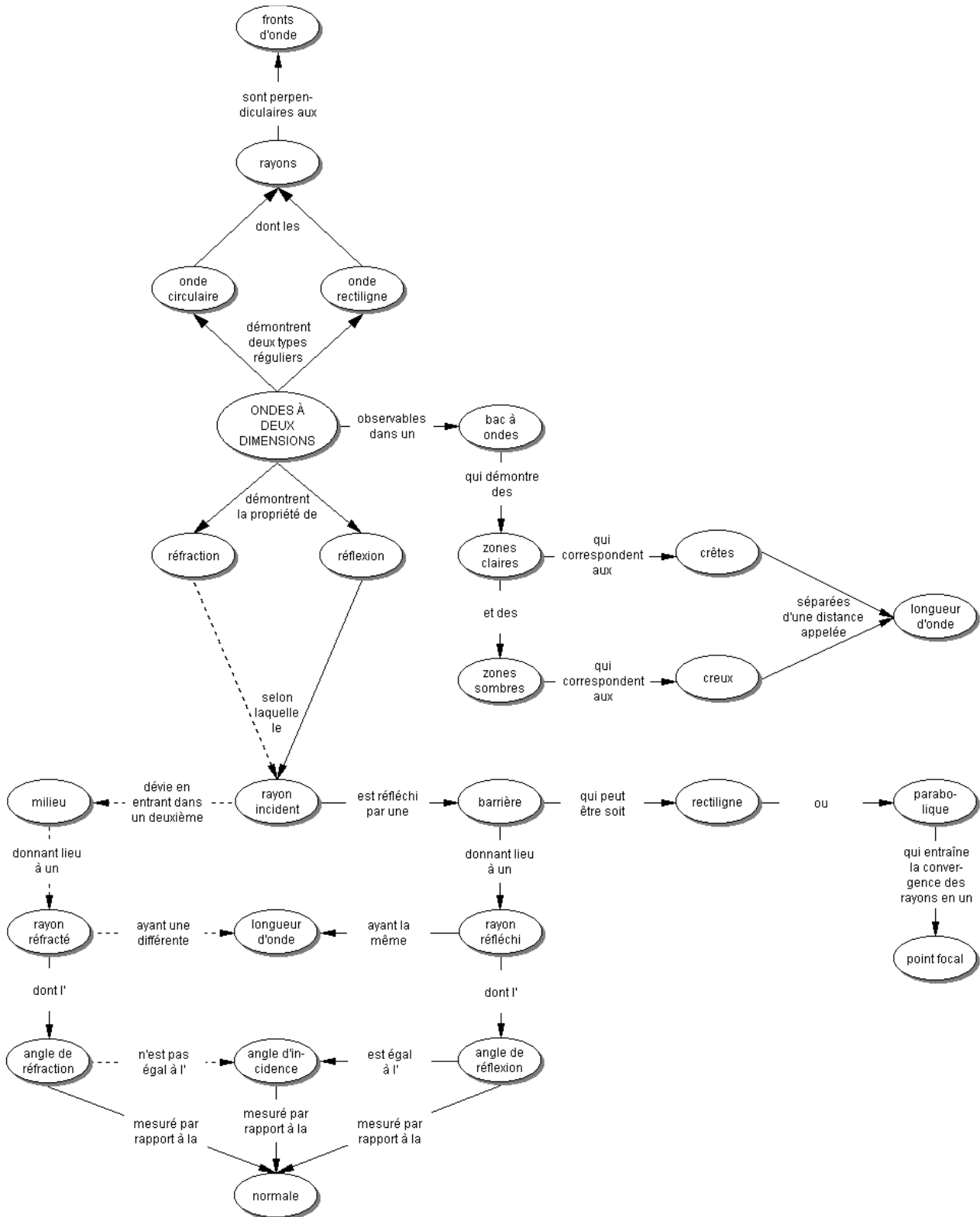
Le point focal
Le rayon incident
Le rayon réfléchi



ANNEXE 15 : Organigramme – Les ondes à deux dimensions

Nom : _____

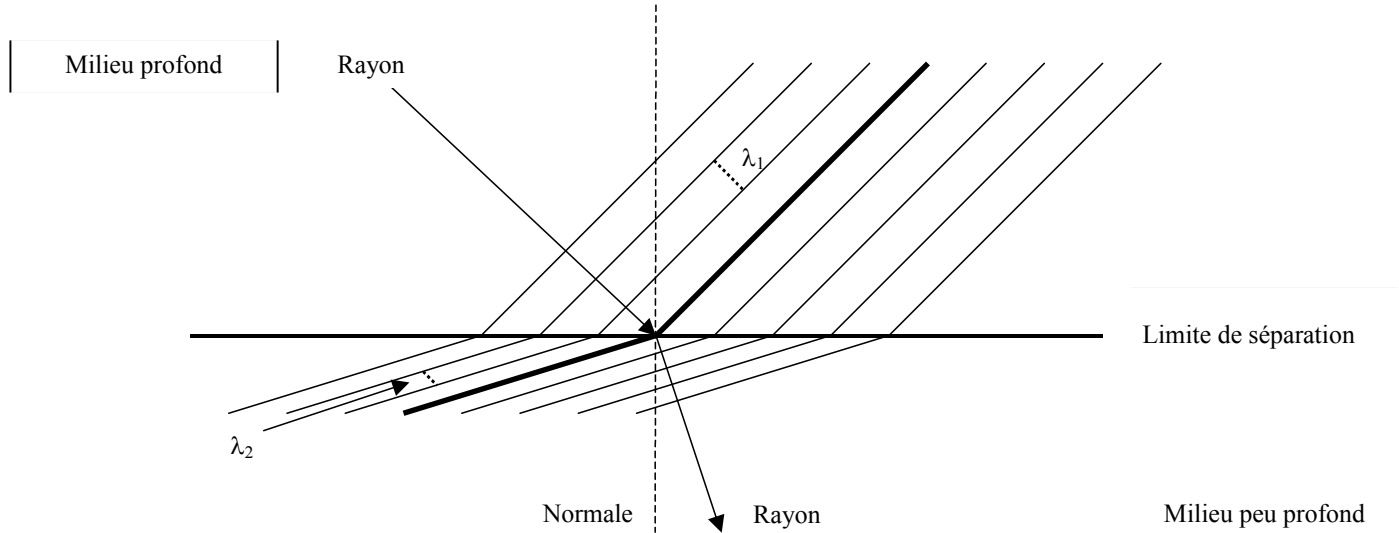
Date : _____



ANNEXE 16 : La loi de Snell

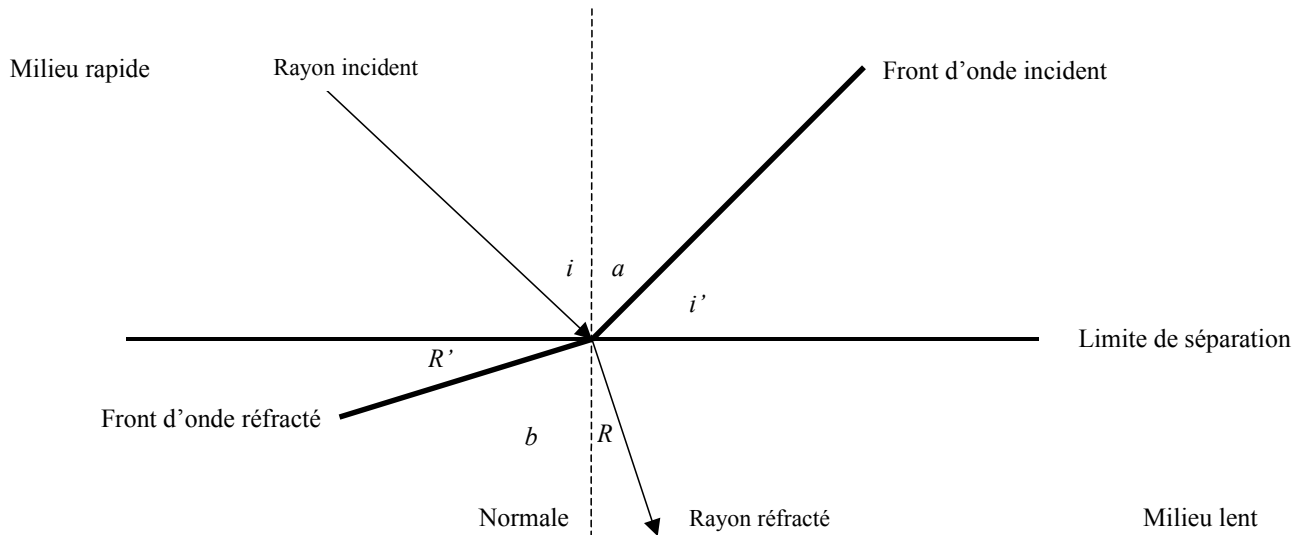
Nom : _____

Date : _____



En passant du milieu profond au milieu peu profond, le rayon s'incurve vers la normale, et la vitesse et la longueur d'onde diminuent.

Le diagramme suivant est plus simple que le diagramme précédent et montre la réfraction d'un seul front d'onde. Le but de ce diagramme est de montrer que $i = i'$ et que $R = R'$.



Comme le rayon incident est perpendiculaire au front d'onde incident, $i + a = 90^\circ$.

Comme la normale est perpendiculaire à la limite de séparation, $a + i' = 90^\circ$.

Par conséquent $i + a = a + i'$.

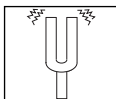
Alors, $i = i'$.

Comme le rayon réfracté est perpendiculaire au front d'onde réfracté, $R + b = 90^\circ$.

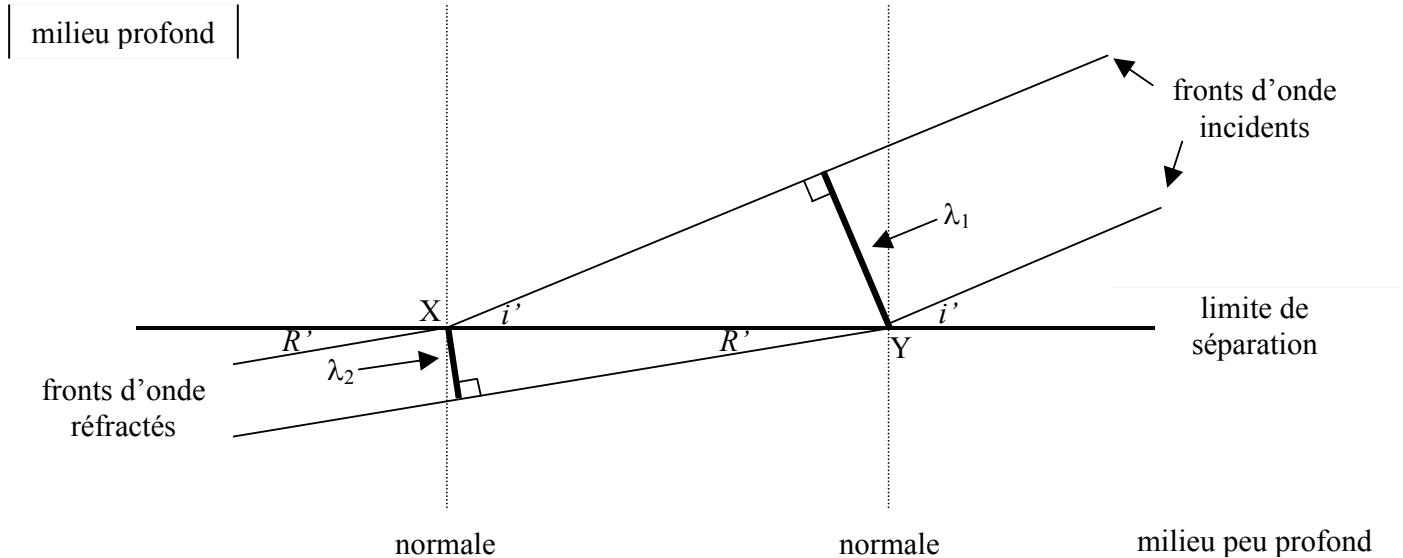
Comme la normale est perpendiculaire à la limite de séparation, $b + R' = 90^\circ$.

Par substitution $R + b = b + R'$.

Alors, $R = R'$.

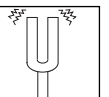


ANNEXE 16 : La loi de Snell (suite)



Le diagramme ci-dessus permet de dériver la loi de Snell à l'aide de géométrie simple. Voici la dérivation :

- Étudions les deux triangles rectangles.
- Dans le triangle supérieur : $\sin i' = \frac{\lambda_1}{XY}$.
- Dans le triangle inférieur : $\sin R' = \frac{\lambda_2}{XY}$.
- En isolant \overline{XY} , on obtient $\overline{XY} = \frac{\lambda_1}{\sin i'} = \frac{\lambda_2}{\sin R'}$ d'où $\frac{\sin i'}{\sin R'} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$.
- Rappelons que $i' = i$ et que $R' = R$. Ainsi, on obtient
la loi de Snell : $\frac{\sin i}{\sin R} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$.
- Rappelons que $v \propto \lambda$ et $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \text{constante}$.
- Donc, $\frac{\sin i}{\sin R} = \frac{v_1}{v_2}$ et $\frac{\sin i}{\sin R} = \text{constante}$.
Cette constante s'appelle l'**indice de réfraction**, n .

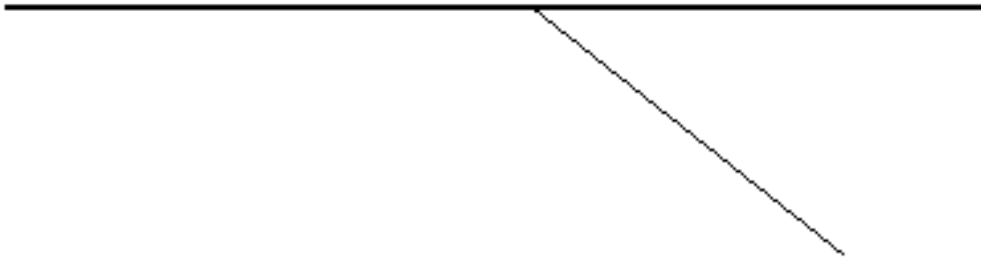


ANNEXE 17 : Exercice – La loi de Snell

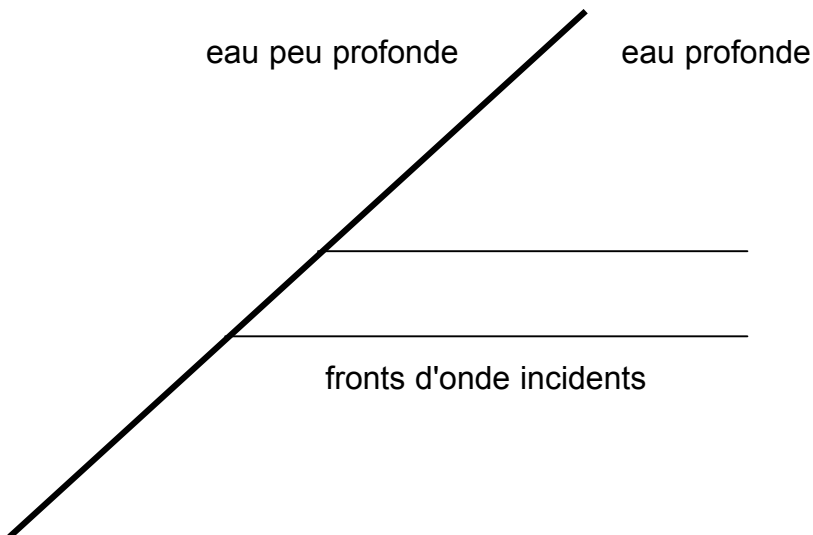
Nom : _____

Date : _____

1. Dessine le front d'onde réfléchi par le réflecteur rectiligne. Indique clairement la direction du mouvement, l'angle d'incidence et l'angle de réflexion.



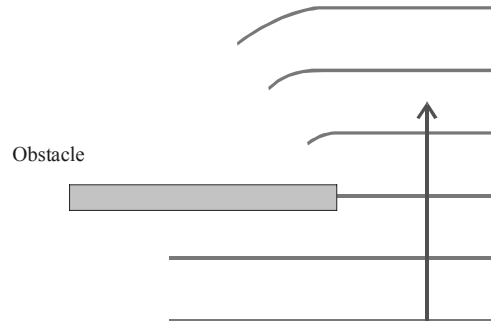
2. Le diagramme à l'échelle suivant représente un bac à ondes avec un milieu profond et un milieu peu profond. Les ondes en milieu profond se propagent vers la limite de séparation des deux milieux. La fréquence des ondes a une valeur de 8,50 Hz. Dans l'eau peu profonde, les ondes voyagent à une vitesse de 9,0 cm/s.
- Dessine la direction du mouvement des ondes ainsi que l'angle d'incidence.
 - Calcule l'indice de réfraction relatif pour la frontière séparant les deux milieux.
 - Calcule l'angle de réfraction dans l'eau peu profonde.
 - Dessine les deux fronts d'ondes réfractés dans l'eau peu profonde.



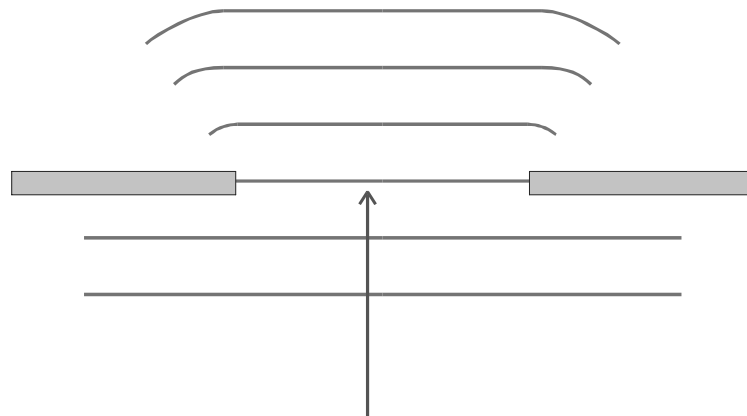
ANNEXE 18 : La diffraction des vagues d'eau

Nom : _____

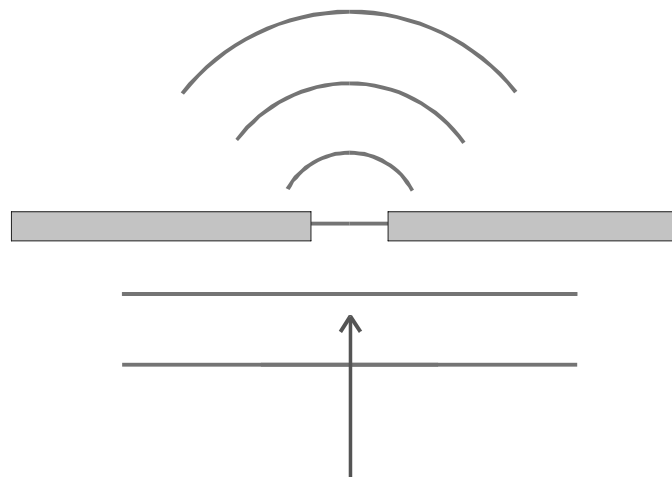
Date : _____



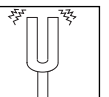
Lorsque les ondes rectilignes rencontrent un obstacle rectiligne, elles s'incurvent légèrement vers l'obstacle. C'est la diffraction.



On observe également la diffraction lorsque les ondes passent à travers une ouverture. Les ondes s'incurvent à chaque extrémité.



Lorsque l'ouverture et la longueur d'onde sont de grandeurs plus ou moins égales, la diffraction est plus prononcée.



ANNEXE 19 : Diagramme du jeu d'interférence produit par deux sources ponctuelles

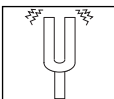
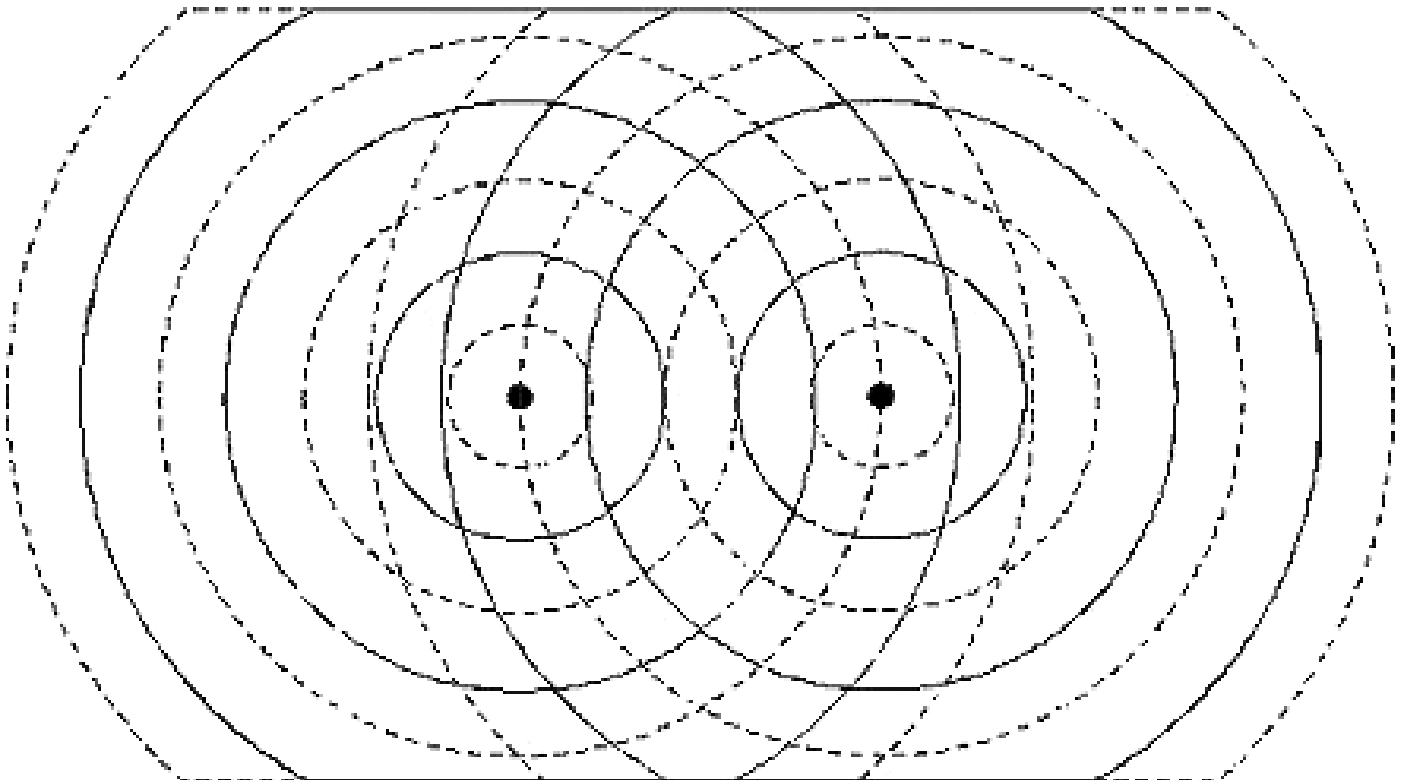
Nom : _____

Date : _____

1. Complète le diagramme ci-dessous :

- en indiquant les éléments suivants : S_1 , S_2 , P_1 , P_2 , crête, creux, zones d'interférence constructive, lignes nodales;
- en traçant et en étiquetant la bissectrice;
- en construisant les segments $\overline{P_1S_1}$, $\overline{P_1S_2}$, $\overline{P_2S_1}$ et $\overline{P_2S_2}$.

2. Dérive la relation générale pour la différence de marche.



ANNEXE 20 : Diagramme du jeu d'interférence produit par deux sources ponctuelles – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

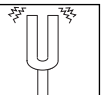
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

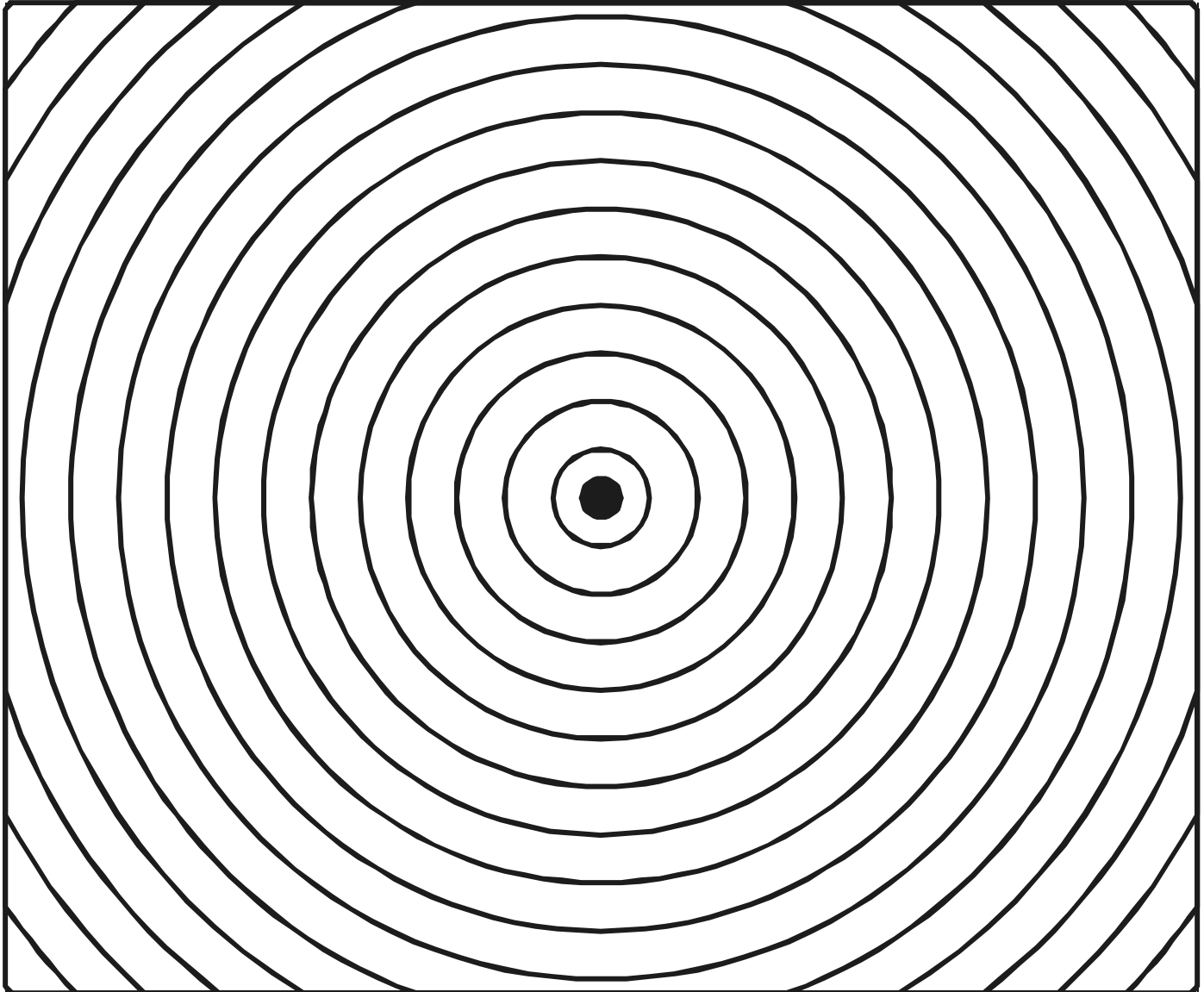
coût : 19,85 \$



ANNEXE 21 : L'effet de Moiré

Nom : _____

Date : _____



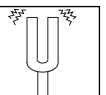
ANNEXE 22 : Production, transmission et détection de son

Nom : _____

Date : _____

Remplis le tableau en relevant des exemples de production, de transmission et de détection du son dans la nature et des exemples tirés de la technologie, et coche la case appropriée.

| | | Production | Transmission | Détection |
|-------------|--------------------|------------|--------------|-----------|
| Nature | Chat | X | | X |
| | Air | | X | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Technologie | Détecteur de fumée | X | | |
| | Microphone | | X | X |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |



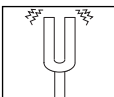
ANNEXE 23 : Fiche de recherche – Production, transmission et détection de son

Nom : _____

Date : _____

1. Remplis le tableau en relevant des exemples de production, de transmission et de détection du son dans la nature la nature, et en expliquant brièvement le processus.

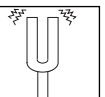
| | Production | Transmission | Détection |
|------|--|--|--|
| Chat | L'air passant à travers les cordes vocales produit des vibrations. | | Le pavillon de l'oreille externe capte les ondes sonores. Les ondes suivent le canal auriculaire jusqu'à l'oreille moyen où elles font vibrer le tympan et trois petits os. Les vibrations des osselets sont transformées dans l'oreille interne en influx nerveux, transmis au cerveau. |
| Air | | Les sources de vibration entraînent des changements de pression (compressions et raréfactions) qui se propagent dans tous les sens jusqu'à l'auditeur. | |
| | | | |
| | | | |



ANNEXE 23 : Fiche de recherche – Production, transmission et détection de son (suite)

2. Remplis le tableau en relevant des exemples de production, de transmission et de détection du son, tirés de la technologie, et en expliquant brièvement le processus.

| | Production | Transmission | Détection |
|--|------------|--------------|-----------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



ANNEXE 24 : Le processus de prise de décisions

Nom : _____

Date : _____

Plusieurs découvertes scientifiques et solutions technologiques donnent lieu à des problèmes sociaux et environnementaux ou soulèvent des questions éthiques. L'élève, en tant que citoyen ou citoyenne de l'avenir, aura à un moment ou l'autre de sa vie à prendre des décisions par rapport à un enjeu. Il doit reconnaître le potentiel que représente la culture scientifique pour habiliter les personnes, les communautés et la société démocratique dans son ensemble à prendre des décisions éclairées.

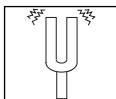
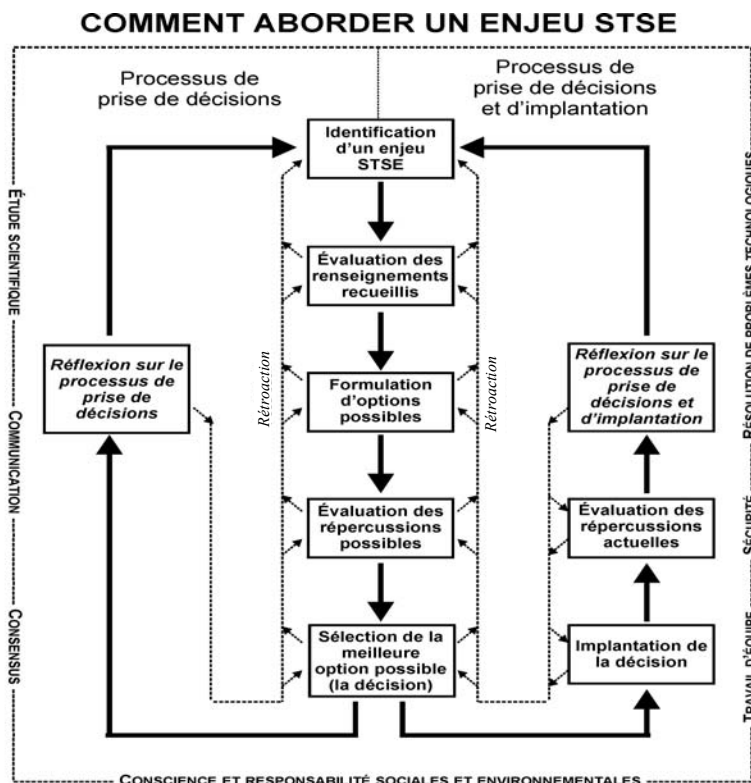
Le processus de prise de décisions en sciences de la nature est une démarche que l'on propose aux élèves pour aborder des enjeux STSE et prendre des décisions par rapport à ces enjeux. Il comprend une série d'étapes dont la clarification d'un enjeu, l'évaluation critique de tous les renseignements disponibles, l'élaboration d'options en vue d'une décision, le choix de la meilleure option STSE, l'examen des répercussions de la décision et la réflexion sur le processus lui-même.

Tout au long de sa formation en sciences, l'élève devrait prendre une part active dans des situations de prise de décisions. Celles-ci ne sont pas seulement importantes par elles-mêmes, mais elles fournissent également un contexte pertinent pour l'étude scientifique, la résolution de problèmes technologiques et l'étude des interactions STSE.

Le rôle de l'enseignant

Le processus de prise de décisions met en jeu un grand nombre d'attitudes, d'habiletés et de connaissances. Il privilégie l'ouverture d'esprit, le scepticisme, la persévérance, la collaboration, la curiosité, la perspicacité, la confiance en soi, etc. Il s'agit là d'états d'esprit qui caractérisent la pensée scientifique et la citoyenneté responsable. L'enseignant doit favoriser un climat propice au développement de ces états; il doit stimuler, renforcer, valoriser et illustrer par son propre comportement les attitudes scientifiques et civiques.

L'enseignant doit amener les élèves à prendre des décisions de façon autonome. Il met à leur disposition les outils nécessaires pour y parvenir. La prise d'une décision satisfaisante est certes importante, mais pas plus que la maîtrise des étapes du processus de prise de décision.

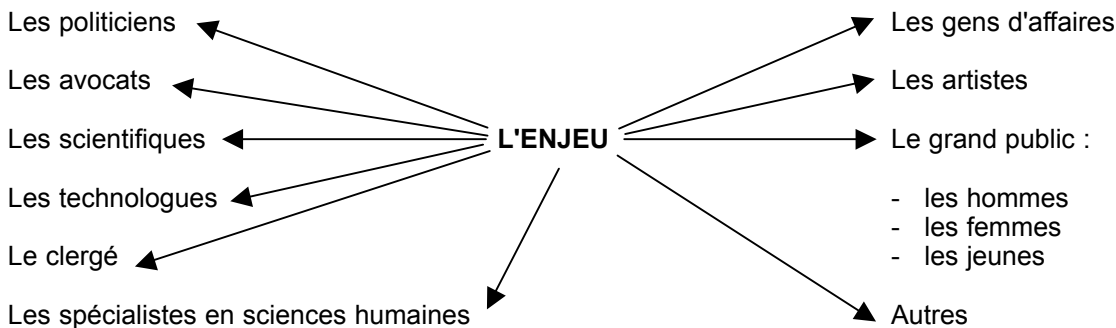


ANNEXE 24 : Le processus de prise de décisions (suite)

L'identification d'un enjeu STSE

L'enseignant peut déterminer l'enjeu ou inviter les élèves à le choisir. Il est important de discuter de la nature des enjeux STSE et de montrer aux élèves comment cerner un enjeu. Un enjeu est une situation pour laquelle il y a toujours plus d'une option, d'où la nécessité de prendre une décision qui aura un impact social, économique ou environnemental. Les enjeux suscitent également la controverse car ils touchent à notre système de valeurs. L'enseignant devrait guider les élèves dans leur identification des valeurs auxquelles l'enjeu fait appel et dans leur réflexion sur l'influence que ces valeurs peuvent avoir sur la prise de décisions.

Il est important de faire réaliser aux élèves qu'un enjeu touche les gens différemment. Les élèves doivent donc tenter de répertorier tous les intervenants ou groupes d'intérêts susceptibles d'être touchés par l'enjeu sélectionné.



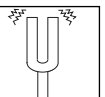
L'évaluation des renseignements recueillis

Tout au long de leur étude, il faut que les élèves aient accès à de la documentation récente sous forme imprimée et électronique, afin de pouvoir aborder et approfondir divers enjeux. L'information recueillie doit représenter le point de vue des intervenants choisis. Au besoin, la cueillette de certains renseignements peut se faire par l'entremise d'un sondage.

Le défi à cette étape-ci est, dans un premier temps, de comprendre les renseignements recueillis puis, dans un deuxième temps, de les évaluer de façon critique. Il est important que les élèves réalisent que le choix même des documents peut être subjectif. Ils doivent s'assurer de consulter un nombre suffisant de ressources car la lecture d'un seul texte peut encourager l'élève à accepter le point de vue de l'auteur sans discernement. La consultation d'une variété de ressources encourage la pensée critique.

La formulation d'options possibles

Une fois l'information recueillie, les élèves doivent identifier les options ou les solutions proposées par les divers intervenants. Le défi pour un adolescent est de se mettre dans la peau d'une personne qui ne partage pas les mêmes valeurs que lui. Il est important que l'élève puisse relever l'argumentation d'un intervenant qui propose une option qui lui semble, à première vue, inacceptable.



ANNEXE 24 : Le processus de prise de décisions (suite)

L'évaluation des répercussions possibles

Les élèves considèrent des arguments en faveur et contre chaque option en tenant compte des conséquences à court et à long terme que l'implantation d'une telle option pourraient avoir sur des individus, des groupes d'intérêts quelconques et la société en général. Puisque nos valeurs influencent nos décisions, les élèves devraient tenter de préciser les valeurs qui motivent chaque option proposée, même s'ils ne peuvent pas savoir avec certitude quelles valeurs ont motivé l'auteur de l'option. Par exemple, le fait d'imposer le port de la ceinture de sécurité peut être motivé par le désir de prévenir la souffrance chez les humains. Cependant, cette même décision peut être motivée plutôt par des raisons économiques : en réduisant le nombre de blessés, on réduit les dépenses du système de santé. Assigner des valeurs à chaque option est donc un exercice assez subjectif. Mais le fait pour les élèves de se sensibiliser aux valeurs sous-tendant chaque option les rendra plus objectifs et leur décision sera plus éclairée.

La sélection de la meilleure option STSE

Les élèves examinent les différentes options et pèsent le pour et le contre de chacune. Il est possible qu'il y ait un conflit de valeurs à cette étape. En soupesant leurs valeurs, les élèves auront plus de facilité à prendre position par rapport à l'enjeu.

Les élèves expriment leur décision sous forme de présentation orale ou écrite, ainsi que les facteurs qui les ont amenés à prendre cette décision.

Selon la nature de l'enjeu, les élèves implantent leur décision et évaluent ses répercussions.

La réflexion sur le processus de prise de décisions

Enfin, le processus de prise de décisions se termine en quelque sorte par une autoévaluation des élèves. L'évaluation comporte en fait deux dimensions : elle est un regard critique à la fois sur l'option qui a été implantée (la décision) et sur le processus de prise de décision lui-même.

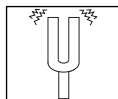
L'évaluation de la décision se fonde sur les critères établis au cours du processus. Certains critères requièrent une appréciation plus subjective ou non quantifiable. Les élèves doivent traiter de questions telles que :

- *Y a-t-il des intervenants qui n'ont pas été considérés au cours du processus?*
- *Y a-t-il de nouveaux enjeux qui découlent de l'implantation de la décision?*

Les élèves évaluent le processus lui-même, car celui-ci a certainement influé sur la prise de décisions. Par exemple :

- *Y a-t-il des facteurs inattendus qui ont influé sur la prise de décisions?*
- *Le temps alloué était-il suffisant?*
- *Avions-nous les connaissances scientifiques nécessaires pour prendre une décision éclairée?*
- *Le groupe a-t-il bien travaillé ensemble? Les idées de tous les participants ont-elles été considérées?*
- *La prise de décisions reflète-t-elle vraiment ce qui se passe dans la vie de tous les jours? Pourquoi?*

L'étape de l'évaluation par les élèves permet à l'enseignant de déceler ce qu'ils ont réellement appris tout au long du processus de prise de décisions. Lui accorder une durée suffisante, car elle constitue le meilleur tremplin pour le prochain enjeu qui sera présenté aux élèves.



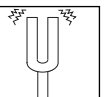
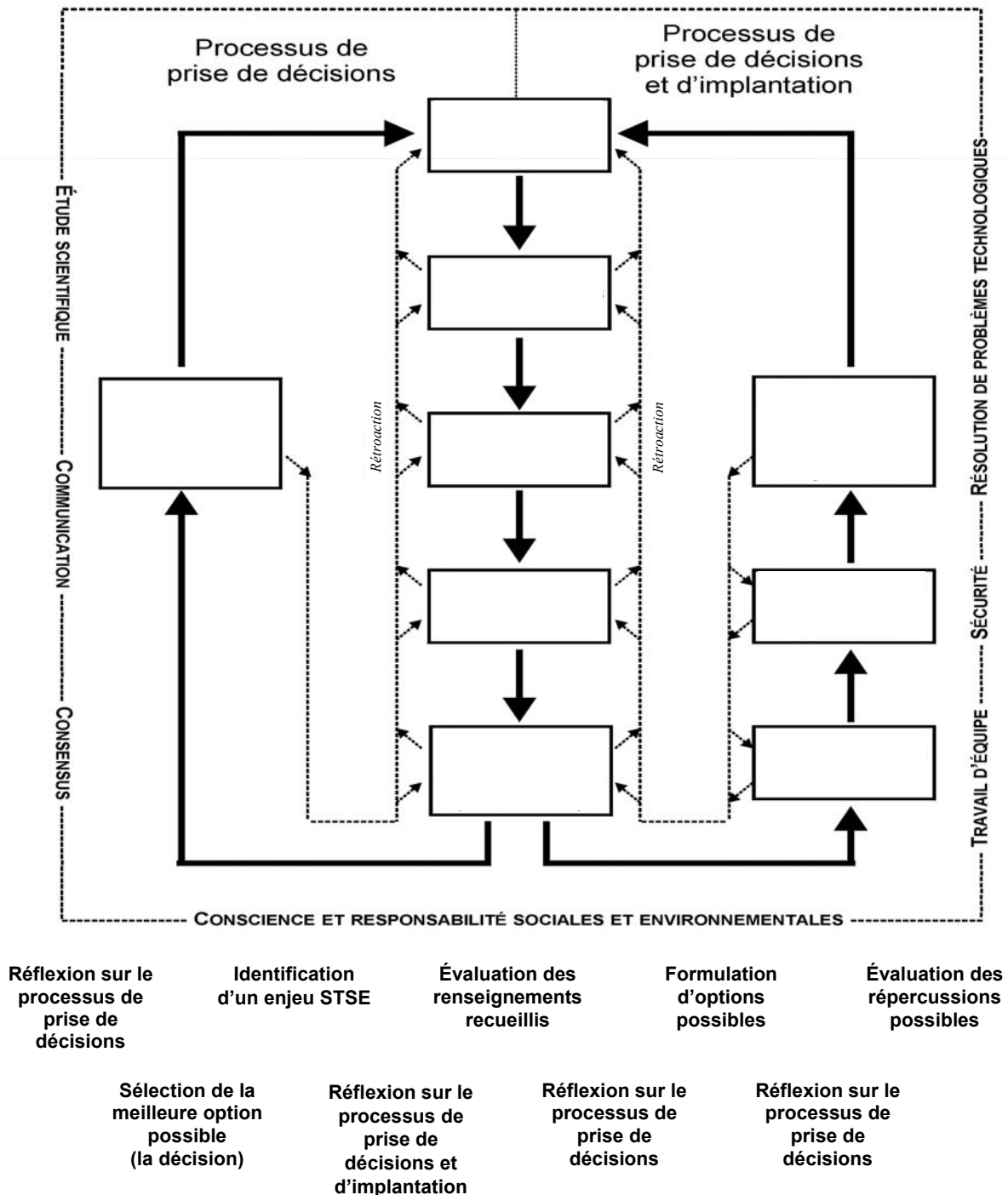
ANNEXE 25 : Les étapes du processus de prise de décisions – Survol schématique

Nom : _____

Date : _____

Inscris les étapes du processus de prise de décisions dans les cases ci-dessous en faisant référence à la liste fournie.

COMMENT ABORDER UN ENJEU STSE



ANNEXE 26 : Les étapes du processus de prise de décisions – Liste d'actions

Nom : _____

Date : _____

Voici une liste d'actions plus détaillées qui correspondent généralement aux étapes du processus de prise de décisions :

IDENTIFICATION D'UN ENJEU STSE

- Relever des enjeux STSE que l'on pourrait examiner.

ÉVALUATION DES RENSEIGNEMENTS RECUEILLIS

- Amorcer la recherche sur un enjeu STSE en tenant compte des divers intervenants concernés.
- Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources.
- Évaluer la pertinence, l'objectivité et l'utilité de l'information.

ÉTUDE SCIENTIFIQUE ET RÉOLUTION DE PROBLÈMES

- Résumer et consigner l'information de diverses façons, entre autres paraphraser, citer des opinions et des faits pertinents et noter les références bibliographiques.
- Passer en revue les répercussions de décisions déjà prises relativement à un enjeu STSE.
- Résumer les données pertinentes ainsi que les arguments et les positions déjà exprimés relativement à un enjeu STSE.

FORMULATION D'OPTIONS POSSIBLES

- Déterminer des critères pour l'évaluation d'une décision STSE, par exemple le mérite scientifique, la faisabilité technologique, des facteurs sociaux, culturels, économiques et politiques, la sécurité, le coût et la durabilité.

TRAVAIL D'ÉQUIPE, CONSENSUS ET SÉCURITÉ

- Proposer et développer des options qui pourraient mener à une décision STSE.
- Travailler en coopération pour réaliser un plan et résoudre des problèmes au fur et à mesure qu'ils surgissent.

ÉVALUATION DES RÉPERCUSSIONS POSSIBLES

- Assumer divers rôles et partager les responsabilités au sein d'un groupe, et évaluer les rôles qui se prêtent le mieux à certaines tâches.
- Employer diverses méthodes permettant d'anticiper les répercussions de différentes options STSE, par exemple une mise à l'essai, une implantation partielle, une simulation ou un débat.

RÉTROACTION

- Évaluer différentes options pouvant mener à une décision STSE, compte tenu des critères prédéterminés.
- Adapter, au besoin, les options STSE à la lumière des répercussions anticipées.

SÉLECTION ET IMPLANTATION DE LA DÉCISION

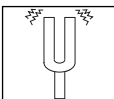
- Sélectionner parmi les options la meilleure décision STSE possible et déterminer un plan d'action pour implanter cette décision.
- Implanter une décision STSE et en évaluer les effets.

RÉFLEXION SUR LE PROCESSUS DE PRISE DE DÉCISION ET COMMUNICATION

- Réfléchir sur le processus utilisé pour sélectionner ou implanter une décision STSE et suggérer des améliorations à ce processus.
- Discuter de répercussions de travaux scientifiques et de réalisations technologiques sur la société et l'environnement.

CONSCIENCE ET RESPONSABILITÉ SOCIALES ET ENVIRONNEMENTALES

- Valoriser l'ouverture d'esprit, le scepticisme, l'honnêteté, l'exactitude, la précision et la persévérance en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques.
- Se sensibiliser à l'équilibre qui doit exister entre les besoins humains et un environnement durable, et le démontrer par ses actes.
- Faire preuve d'un engagement personnel proactif envers des enjeux STSE.



ANNEXE 27 : Grille d'accompagnement – Le bruit dans l'environnement

Membres du groupe : _____

Date : _____

Description de notre enjeu :

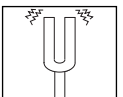
Nous nous sommes renseignés sur l'enjeu :

- en repérant des données scientifiques pertinentes;
- en résumant des opinions et des arguments pertinents;
- en analysant des décisions antérieures prises face à ce même enjeu;
- en tenant compte des quatre volets d'un enjeu STSE, c'est-à-dire les sciences, la technologie, la société (y compris la culture, la santé et l'économie) et l'environnement;
- en évaluant la pertinence, l'objectivité et l'utilité de l'information;
- en notant les références bibliographiques.

- Nous avons énoncé clairement des intervenants ou des groupes d'intérêt liés à notre enjeu.
- Nous avons déterminé des critères pour l'évaluation des options.
- Nous avons proposé trois options possibles pour arriver à une décision.
- Nous avons tenté de prédire les conséquences possibles de chacune des options sur la société (y compris la santé et l'économie) et l'environnement.
- Nous avons évalué les options, compte tenu des critères prédéterminés.
- Nous avons adapté les options à la lumière des répercussions anticipées.
- Nous avons sélectionné parmi les options la meilleure décision possible.
- Nous avons justifié notre décision.

Nous avons préparé un travail final bien soigné qui saura stimuler l'intérêt et qui comporte :

- une page titre;
- une table des matières;
- des titres et des sous-titres;
- des graphiques, des tableaux et des illustrations;
- un niveau de langue approprié;
- une bibliographie;
- des contributions de chaque membre du groupe.

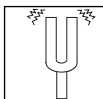


ANNEXE 28 : Grille d'évaluation pour la prise de décisions

Nom : _____

Date : _____

| Critères | Niveaux de rendement | | | |
|---|---|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Identification d'un enjeu STSE | <input type="checkbox"/> L'élève ne réussit pas à identifier un enjeu STSE sans aide. | <input type="checkbox"/> L'élève saisit qu'un enjeu STSE pourrait avoir des répercussions, mais il ne différencie pas les quatre dimensions S, T, S et E. | <input type="checkbox"/> L'élève comprend bien les liens qui existent entre un enjeu STSE et ses répercussions. <input type="checkbox"/> L'élève laisse entrevoir une réaction personnelle à l'enjeu. | <input type="checkbox"/> L'élève comprend en profondeur les liens qui existent entre un enjeu STSE et ses répercussions. <input type="checkbox"/> L'élève démontre un certain degré de responsabilité sociale. |
| Évaluation des renseignements liés à un enjeu STSE | <input type="checkbox"/> L'élève trouve quelques renseignements actuels sur l'enjeu STSE, mais il n'évalue pas ces renseignements. <input type="checkbox"/> L'élève ne passe pas en revue les répercussions de décisions déjà prises relativement à l'enjeu. | <input type="checkbox"/> L'élève réussit à distinguer les points de vue qui émanent des renseignements recueillis sur l'enjeu, mais il ne les évalue pas explicitement. <input type="checkbox"/> L'élève prend connaissance des répercussions de décisions déjà prises relativement à l'enjeu. | <input type="checkbox"/> L'élève recueille une gamme de renseignements qui ne sont pas exhaustifs, mais qui délimitent clairement des points de vue différents sur l'enjeu. <input type="checkbox"/> L'élève discerne les répercussions de décisions antérieures qui peuvent influencer sur l'enjeu actuel. <input type="checkbox"/> L'élève énonce des opinions personnelles sur l'enjeu, mais il n'évalue pas le point de vue des autres. | <input type="checkbox"/> L'élève recueille des renseignements actuels et pertinents qui mettent en évidence une variété de perspectives. <input type="checkbox"/> L'élève parvient à pondérer la pertinence des répercussions de décisions antérieures en rapport avec l'enjeu actuel. <input type="checkbox"/> L'élève saisit avec justesse les perspectives variées sur l'enjeu et il peut évaluer ces perspectives. |
| Formulation d'options possibles | <input type="checkbox"/> L'élève ne réussit pas à formuler adéquatement des options possibles liées à l'enjeu STSE. <input type="checkbox"/> L'élève formule des options qui ne sont pas clairement liées à l'enjeu. | <input type="checkbox"/> L'élève peut formuler au moins une option réalisable liée à l'enjeu. <input type="checkbox"/> Les autres options de l'élève ne sont pas clairement liées à l'enjeu. | <input type="checkbox"/> L'élève élabore au moins deux options réalisables et cohérentes qui portent sur l'enjeu. <input type="checkbox"/> L'élève reconnaît que certaines options ne seront pas retenues. | <input type="checkbox"/> L'élève présente plusieurs options réalisables et cohérentes dont la complexité dépasse les attentes du projet. <input type="checkbox"/> Les options proposées par l'élève ont chacune de fortes chances d'être adoptées. |
| Identification et évaluation des répercussions possibles | <input type="checkbox"/> L'élève n'est pas capable de prévoir les répercussions possibles des options liées à l'enjeu STSE. <input type="checkbox"/> L'élève ne semble avoir qu'une perception naïve des répercussions possibles de l'option. | <input type="checkbox"/> L'élève prévoit de façon vague et non fondée certaines répercussions possibles des options liées à l'enjeu STSE. <input type="checkbox"/> L'élève comprend qu'il y a des répercussions associées à chaque option. | <input type="checkbox"/> L'élève précise de façon organisée les répercussions possibles associées à des options. <input type="checkbox"/> L'élève est conscient des répercussions pour chacune des options proposées, tant positives que négatives. | <input type="checkbox"/> L'élève réussit à élaborer une analyse des coûts, des bénéfices et des risques pour chacune des options proposées. <input type="checkbox"/> L'élève produit un rapport bien organisé qui cerne et qui analyse clairement chacune des options. |



ANNEXE 28 : Grille d'évaluation pour la prise de décisions (suite)

| Critères | Niveaux de rendement | | | |
|---|---|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Sélection de la meilleure option (la décision) | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> L'élève ne réussit pas à prendre une décision liée directement à l'enjeu. <input type="checkbox"/> L'élève a besoin d'aide pour sélectionner une meilleure option. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> L'élève réussit à identifier une option réalisable en rapport avec l'enjeu, mais il a du mal à énoncer un plan d'action préliminaire qui soit cohérent. <input type="checkbox"/> L'élève hésite encore à prendre sa décision, il a besoin d'aide pour énoncer un plan d'action. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> L'élève réussit clairement à sélectionner une option faisable et à énoncer un plan d'action préliminaire en rapport avec l'enjeu. <input type="checkbox"/> L'élève ne réussit pas à convaincre l'ensemble de ses collègues sur le mérite de l'option qu'il a choisie. <input type="checkbox"/> L'élève reconnaît certains dangers que sa décision peut poser pour sa sécurité et celle des autres. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Une analyse exhaustive et coopérative des options possibles mène à la sélection d'une décision. <input type="checkbox"/> La décision s'appuie sur une recherche équilibrée et des explications solides et elle comprend un plan d'action préliminaire qui est cohérent et perspicace. <input type="checkbox"/> L'élève reconnaît la plupart des dangers que sa décision peut poser pour sa sécurité et celle des autres. |
| Réflexion sur le processus de prise de décisions | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> L'élève n'a qu'une notion élémentaire de l'importance de l'évaluation de son processus de prise de décision liée à l'enjeu STSE. <input type="checkbox"/> L'élève se montre peu disposé à évaluer de nouveau sa décision ou son plan d'action préliminaire. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> L'élève réfléchit au processus qu'il a suivi pour en arriver à sa décision et il communique bien sa réflexion. <input type="checkbox"/> L'élève reconnaît des forces et des lacunes dans sa décision ainsi que dans le processus qu'il a employé pour y arriver. <input type="checkbox"/> L'élève accepte la critique constructive de sa décision, mais n'en tient pas compte. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> L'élève réfléchit au processus qu'il a suivi pour en arriver à sa décision et il communique bien sa réflexion. <input type="checkbox"/> L'élève reconnaît des forces et des lacunes dans sa décision ainsi que dans le processus qu'il a employé pour y arriver. <input type="checkbox"/> L'élève accepte la critique constructive de sa décision et en tient compte. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> L'élève réfléchit en profondeur sur le processus qu'il a suivi pour en arriver à sa décision et il communique clairement son analyse. <input type="checkbox"/> L'élève reconnaît des forces et des faiblesses de sa décision et du processus employé pour y arriver, et il propose des améliorations pertinentes. <input type="checkbox"/> L'élève apprécie la critique constructive et l'incorpore concrètement dans son analyse. <input type="checkbox"/> L'élève manifeste un intérêt profond et continu pour l'enjeu qu'il a examiné, et il apprécie l'importance des décisions avisées. |



ANNEXE 29 : Processus de design – Le comment et le pourquoi

Le processus de design en sciences de la nature

Le processus de design en sciences de la nature permet aux élèves de mieux comprendre de quelle façon la technologie exploite les connaissances et les méthodes scientifiques pour arriver à un grand nombre de produits et de solutions. Les activités de design prescrites par les programmes d'études manitobains visent **l'application des notions scientifiques apprises en classe**. Le processus de design est une démarche que l'on propose aux élèves pour **aborder la résolution de problèmes technologiques**. Il réunit quelques étapes à la fois bien définies et souples.

Les humains abordent quotidiennement des problèmes technologiques de natures diverses, des plus simples aux plus complexes : *Quelle vis doit-on utiliser pour réparer un meuble? Comment peut-on contrôler à distance une mission spatiale en direction de Jupiter?* Bien entendu, il n'existe pas qu'une seule façon d'arriver à une solution, néanmoins certaines étapes communes caractérisent l'ensemble des démarches.

Le rôle de l'enseignant

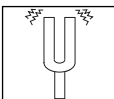
Le processus de design met en jeu un grand nombre d'attitudes, d'habiletés et de connaissances. Il privilégie la créativité, la persévérance, la collaboration, la curiosité, la perspicacité, le goût de l'aventure, la confiance en soi, l'appréciation et la satisfaction du travail bien fait. Il s'agit là d'états d'esprit qui caractérisent la pensée scientifique et le génie technologique. L'enseignant doit favoriser un climat propice au développement de ces états; il doit stimuler, renforcer, valoriser et illustrer par son propre comportement les attitudes scientifiques et technologiques.

L'enseignant doit amener les élèves à résoudre les problèmes de façon autonome. Il met à leur disposition les outils nécessaires pour y parvenir. L'obtention d'une solution satisfaisante qui répond aux critères est certes importante, mais pas plus que la maîtrise des étapes du processus de design. Cet apprentissage exige du temps, toutefois il permet aux élèves d'approfondir leurs connaissances scientifiques dans des contextes pratiques.

Le processus de design en vue de fabriquer un prototype

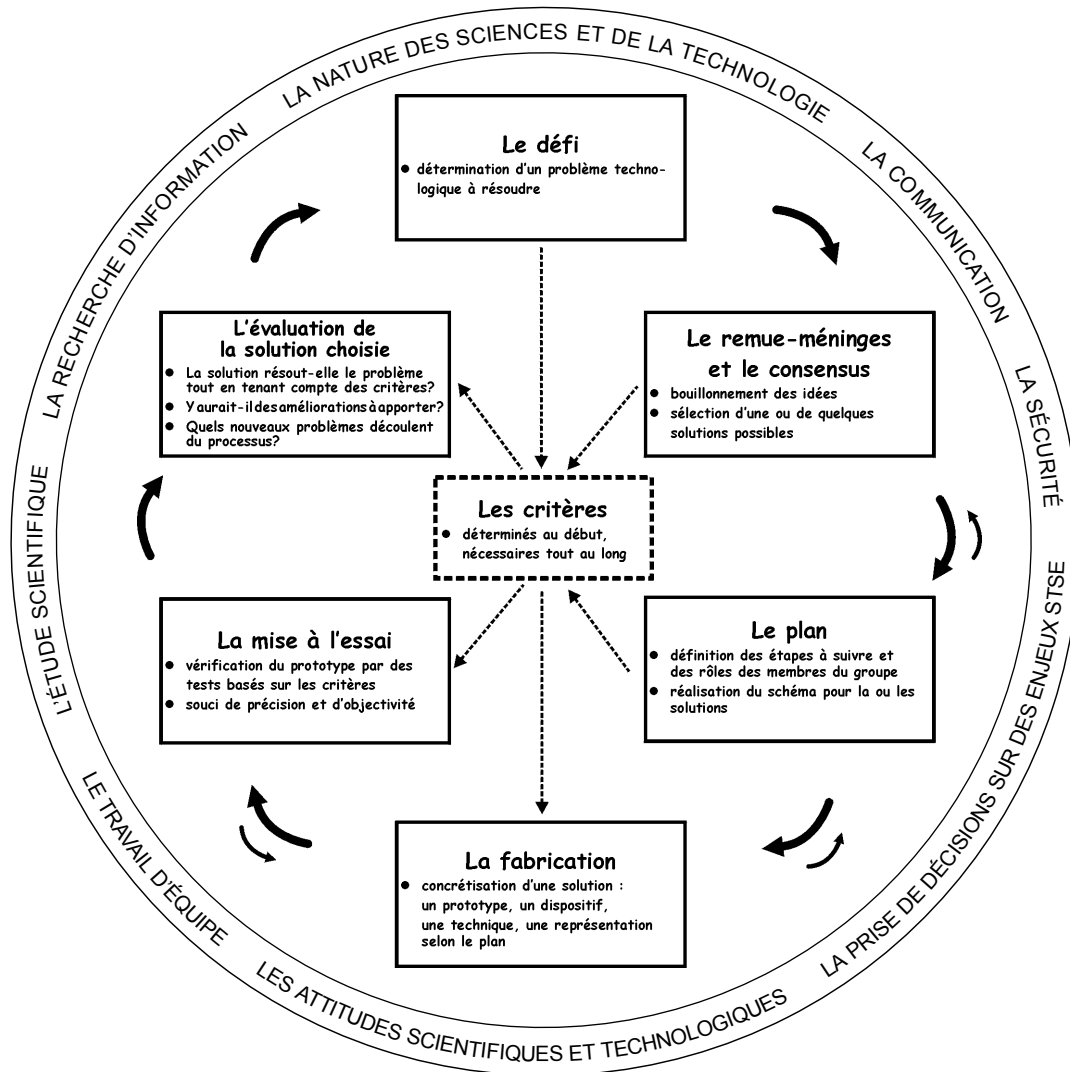
La détermination d'un défi technologique

Au primaire et à l'intermédiaire, le processus de design vise la création d'un prototype pour répondre à un problème particulier, souvent appelé *défi technologique*. (À l'occasion, l'étape de la fabrication du prototype ne peut pas être réalisée dans le contexte scolaire, par exemple une station spatiale ou un parc zoologique.) L'enseignant peut lancer le défi technologique ou inviter les élèves à le choisir eux-mêmes. Il est important de montrer aux élèves comment cerner un défi.



ANNEXE 29 : Processus de design – Le comment et le pourquoi (suite)

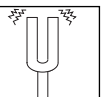
Étapes du processus de design – Fabrication d'un prototype



Les critères

Le choix de critères est essentiel au processus de design, car ils orienteront l'évaluation du prototype. Les élèves peuvent participer à l'élaboration des critères (tels que les matériaux, les normes de performance du prototype, etc.), mais l'enseignant devra parfois préciser certains critères liés à la gestion de classe (tels que le respect des normes de sécurité, l'échéancier, la remise d'un compte rendu, etc.). Les critères se précisent souvent au fur et à mesure que les élèves avancent dans leur travail.

L'enseignant peut attribuer un coût fictif aux matériaux, par exemple un bâtonnet de bois coûte 1 \$ tandis qu'une paille vaut 2 \$, etc. Par ailleurs, il peut stipuler que le coût total du matériel nécessaire à la fabrication du prototype ne dépasse pas 40 \$. Comme dans le monde industriel, la rentabilité pourrait être favorisée.



ANNEXE 29 : Processus de design – Le comment et le pourquoi (suite)

Le remue-méninges et le consensus

Avec toute la classe ou en groupes, le **remue-méninges** est destiné à favoriser le jaillissement spontané des idées pouvant mener à une solution sans aucune limitation ou restriction d'aucune sorte (Legendre 1993). À cette étape, il arrive aussi que l'élève travaille seul, dans ce cas, il sera appelé à faire le même genre d'exercice intellectuel qui consiste à noter sur papier toutes les idées qui lui viennent spontanément à l'esprit. Une fois terminé le bouillonnement initial d'idées, la classe, le groupe ou l'élève peut commencer à faire le **tri des solutions** qui semblent les plus prometteuses. Peu à peu, une ou quelques solutions se démarquent des autres; parfois la solution privilégiée représente une combinaison des solutions les plus intéressantes. À cette étape, il arrive que les critères soient remis en question ou explicités davantage.

Le choix d'une solution doit se faire par **consensus**, car le processus de design mise beaucoup sur la **collégialité**. Il s'agit ici de s'approprier une décision collective satisfaisante pour l'ensemble du groupe. Les habiletés de communication, de négociation, d'écoute, de rapprochement et d'inclusion sont évidemment essentielles à la réussite de cette étape du processus de design.

Dans l'industrie, la planification est d'autant plus importante que les technologues ne peuvent pas se permettre de répéter les essais à maintes reprises, car les ressources peuvent être dispendieuses ou les conséquences d'une erreur, dangereuses.

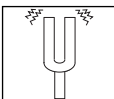
Le plan et le schéma

Malgré le désir des élèves de se lancer dans la fabrication de leur prototype immédiatement, il est important de les amener à comprendre **la nécessité d'une bonne planification**. La planification consiste en un exercice mental dont le but est de visionner et d'organiser à l'avance ce qui devra être fait par les membres du groupe pour fabriquer un prototype ou pour élaborer une représentation.

Une bonne planification peut nécessiter une certaine période d'exploration par les élèves afin qu'ils se familiarisent davantage avec les matériaux ou les concepts scientifiques.

Le plan comprend habituellement :

- la solution ou les solutions retenues;
- le matériel nécessaire;
- les mesures de sécurité;
- les responsabilités de chacun des membres;
- l'échéancier du projet;
- le schéma du prototype;
- la mention des critères;
- l'explication des tests qui constitueront la mise à l'essai;
- toute autre information pertinente.



ANNEXE 29 : Processus de design – Le comment et le pourquoi (suite)

L'élaboration plus détaillée du plan suscitera sans doute de nouvelles questions en rapport aux critères. C'est pourquoi l'on peut apporter des **précisions définitives aux critères** au moment de la planification.

Le **schéma** ou le diagramme est un élément important du plan parce qu'il permet au groupe ou à toute autre personne de visualiser le prototype. De plus, dans une explication scientifique, un dessin est souvent complémentaire aux mots. Les élèves seront donc appelés à développer leurs habiletés en dessin technique.

Dans un contexte scolaire, le schéma permet à l'enseignant de mieux conseiller les élèves et, ainsi, de diminuer le gaspillage de matériaux.

La fabrication du prototype

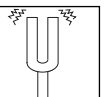
Une fois le plan terminé, le groupe peut passer à la fabrication de son prototype ou à sa représentation. **La fabrication devrait être conforme à la planification**, néanmoins le processus de design n'est pas une démarche figée et rigide, et c'est pourquoi il est parfaitement acceptable qu'un groupe apporte des modifications à son plan au fur et à mesure que progresse la fabrication. Dans certains cas, il faudra même revenir aux solutions proposées pendant le remue-méninges. Ce va-et-vient est acceptable, normal et même souhaitable pourvu que les critères soient respectés. L'enseignant doit cependant **exiger que toute modification au plan soit inscrite** sur des versions plus récentes. Dans son évaluation, l'enseignant voudra constater si le groupe a surmonté les problèmes techniques qui se sont présentés au fur et à mesure que le prototype s'est concrétisé.

L'étape de la fabrication fait appel à des habiletés pratiques, aux mains minutieuses et au gros bon sens; mais elle exploite aussi les talents artistiques et mathématiques des élèves.

La mise à l'essai du prototype

La mise à l'essai permet d'établir, de quantifier même, **jusqu'à quel point le prototype satisfait aux critères préétablis**. Le prototype est alors soumis à un ou à plusieurs tests correspondant aux critères. Les résultats de ces tests fournissent une base solide pour l'évaluation du prototype par le groupe.

Il se peut que certains groupes d'élèves veuillent procéder à des prétests de leur prototype. Les encourager à le faire dans la mesure où l'échéancier et les matériaux le permettent. Des résultats singuliers amèneront un groupe à réviser son prototype, son schéma, son plan et même son choix de solution. L'enseignant soucieux de faire vivre à ses élèves un processus de design fructueux comprendra la nécessité d'accorder assez de temps pour réviser et recommencer une, deux, trois fois même la fabrication de leur prototype. Une mise à l'essai finale doit toutefois avoir lieu. Les problèmes techniques qui persistent encore figureront dans l'évaluation définitive et pourront servir de pistes pour de nouveaux défis.



ANNEXE 29 : Processus de design – Le comment et le pourquoi (suite)

L'évaluation de la solution choisie

Enfin, le processus de design se termine en quelque sorte par une autoévaluation des élèves. L'évaluation comporte en fait deux dimensions : elle est un regard critique à la fois sur le prototype et sur le processus lui-même.

L'évaluation du prototype s'appuie sur les résultats obtenus lors de la mise à l'essai, mais elle se fonde d'abord sur les critères établis au cours des premières étapes. Certains critères requièrent une appréciation plus subjective ou non quantifiable. En fin de compte, les élèves doivent traiter de questions telles que :

- *La solution répond-elle au défi initial et tient-elle compte des critères?*
- *Y a-t-il des améliorations à apporter à la solution?*
- *Y a-t-il de nouveaux problèmes qui découlent de la création de ce prototype?*

De plus, les élèves peuvent évaluer le processus lui-même, car celui-ci a certainement influé sur la fabrication du prototype. Par exemple :

- *Y a-t-il des facteurs inattendus qui ont affecté la performance de notre prototype?*
- *Les critères étaient-ils adéquats et les tests justes?*
- *Les matériaux et le temps alloués étaient-ils suffisants?*
- *Quelles recherches scientifiques sont encore nécessaires pour mieux réussir le prototype?*
- *Le groupe a-t-il bien travaillé ensemble? Les meilleures idées ont-elles été retenues?*
- *La résolution du problème technologique reflète-t-elle vraiment ce qui se passe dans la vie de tous les jours? Pourquoi?*

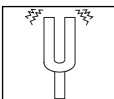
L'étape de l'évaluation par les élèves permet à l'enseignant de déceler ce qu'ils ont réellement appris tout au long du processus de design. Lui accorder une durée suffisante, car elle constitue le meilleur tremplin pour le prochain défi technologique qui sera présenté aux élèves.

Le processus de design en vue d'évaluer un produit de consommation

À partir de la 5^e année, une nouvelle variante du processus de design est abordée dans les programmes d'études manitobains. Il s'agit de l'évaluation d'un produit de consommation. Ce processus de design ne comprend pas la fabrication d'un prototype, mais vise plutôt à simuler la prise de décision du consommateur avant l'achat d'un produit sur le marché. *Quelle est la meilleure peinture à acheter? À quel garagiste devrais-je confier la réparation de ma voiture? Quel logiciel utiliser pour faire des tableaux? etc.*

Tout comme dans le processus de design classique, les critères se précisent au cours de la planification, mais celle-ci est plutôt axée sur le choix d'une méthode pour évaluer le produit conformément à ces critères. Trois méthodes d'évaluation s'emploient dans le contexte de la salle de classe :

- des tests de performance en laboratoire;
- des sondages ou questionnaires auprès de personnes qui utilisent ou connaissent le produit;
- des recherches pour connaître les résultats de tests ou de sondages menés par d'autres personnes ou organismes en rapport avec le produit.

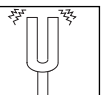
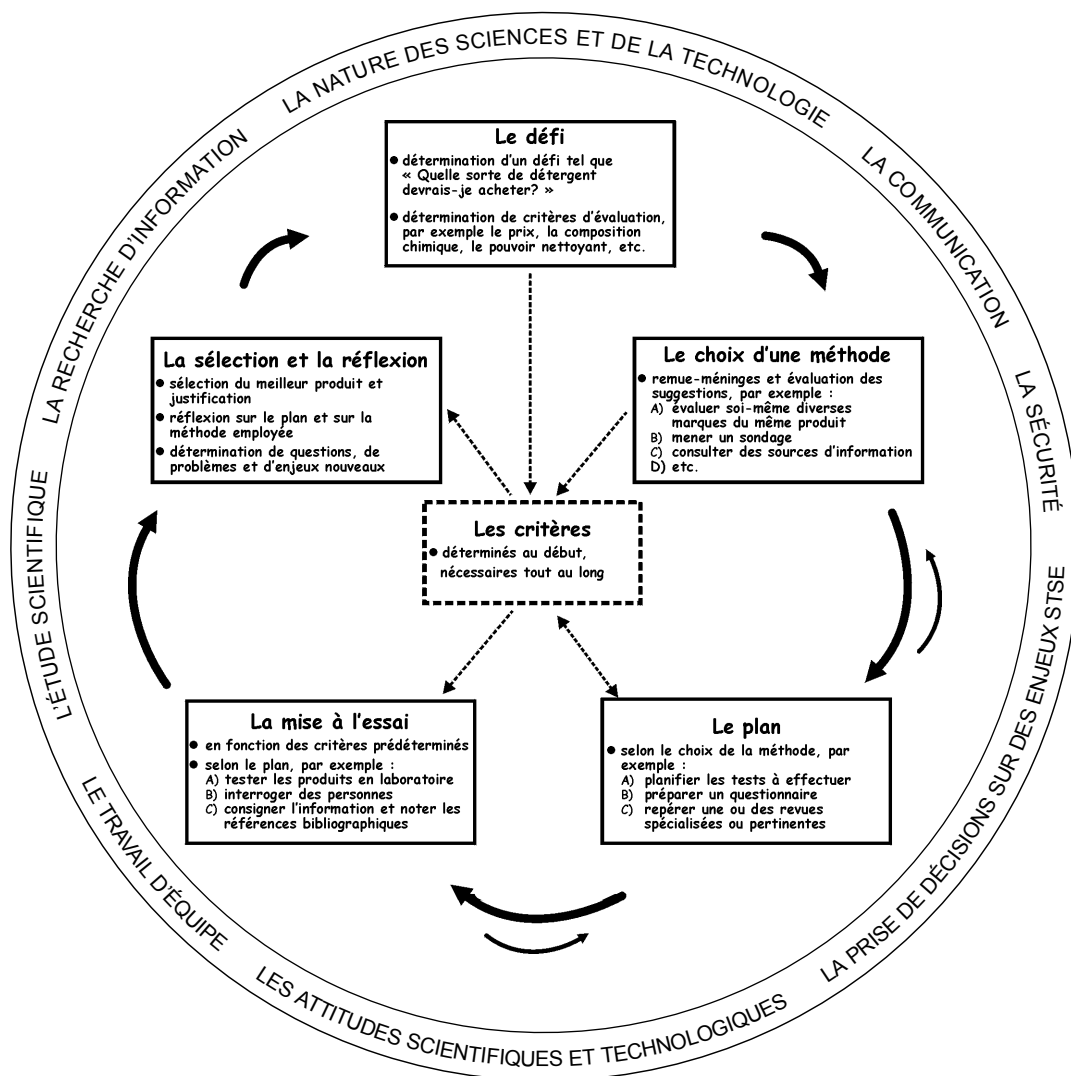


ANNEXE 29 : Processus de design – Le comment et le pourquoi (suite)

Chacune de ces méthodes requiert une planification et une analyse particulières, étant donné la nature variée des produits de consommation. Par exemple :

- *Comment faire pour assurer la validité des tests expérimentaux?*
- *La comparaison de produits semblables, mais de divers fabricants, est-elle vraiment équitable?*
- *Qu'est-ce qui constitue un échantillonnage valable de produits examinés ou de personnes sondées?*
- *Comment éviter la subjectivité dans un sondage?*
- *Comment éviter la confusion au niveau des questions posées dans un sondage?*
- *Quelles statistiques ou données sont issues d'études valides?*
- *Comment s'assurer que l'information obtenue est à jour?*

Étapes du processus de design – Évaluation d'un produit



ANNEXE 30 : Grille d'observation

Nom : _____

Date : _____

Observer les élèves pendant le travail. Indiquer leur progrès à l'aide de la légende ci-dessous. Ajouter des coches au cours de l'évolution de l'habileté chez l'élève.

- ✓✓✓ : L'élève manifeste cette habileté sans hésitation et avec confiance.
- ✓✓ : L'élève manifeste cette habileté la plupart du temps.
- ✓ : L'élève manifeste cette habileté parfois ou si l'on la lui demande.
- X : L'élève ne réussit pas cette habileté.

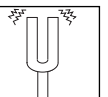
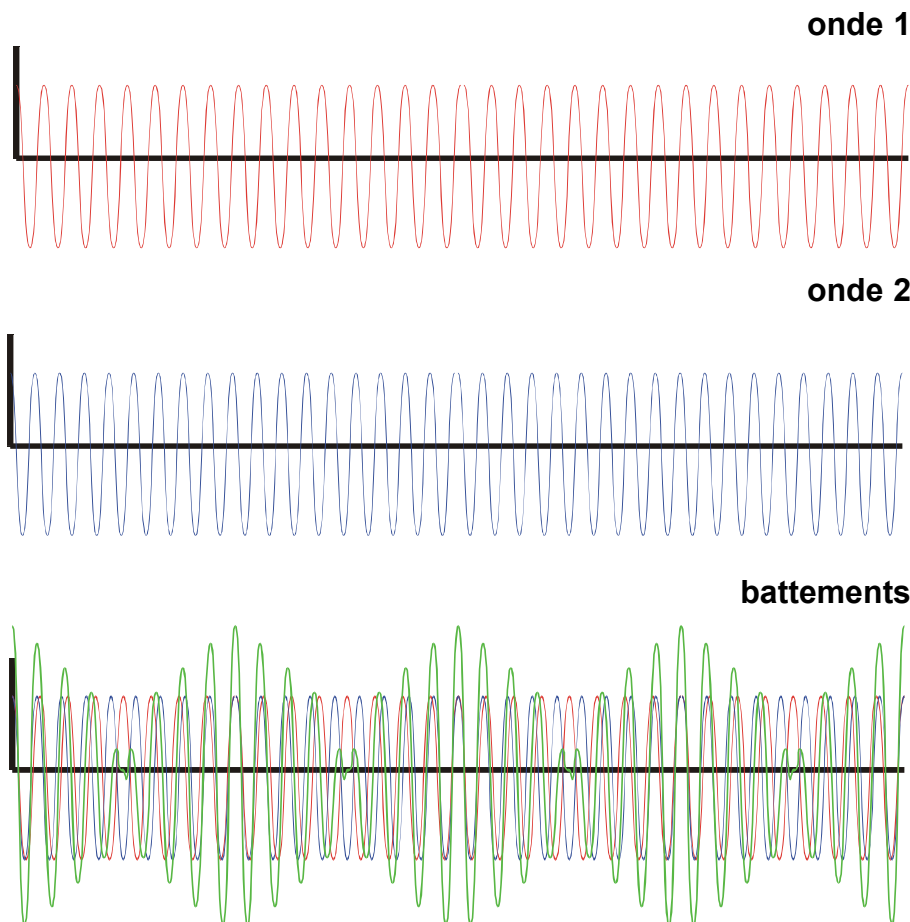
| Nom de l'élève | ATT1 Adopter des habitudes de travail sécuritaires pour soi, les autres et l'environnement. | ATT2 En groupe, rassembler les connaissances acquises, exprimer et échanger des idées, proposer des problèmes et des solutions, et effectuer des recherches. | ATT5 Faire preuve d'un intérêt soutenu et plus éclairé dans les sciences et les questions d'ordre scientifique. | |
|----------------|--|---|--|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ANNEXE 31 : L'interférence des ondes sonores – Renseignements pour l'enseignant

Les battements consistent en fluctuations périodiques et résultent de l'interférence de deux ondes sonores de fréquences rapprochées mais légèrement différentes. Le son varie en intensité selon qu'il y a interférence constructive ou destructive. La fréquence de battements correspond au taux de variation de l'intensité de l'onde sonore. Elle est égale à l'écart entre la fréquence de deux notes, par exemple des ondes sonores de 440 Hz et de 442 Hz produisent une fréquence de battements de 2 Hz.

L'oreille humaine ne peut entendre que des fréquences de battements inférieures à 8 Hz. La fréquence de battements permet aux musiciens d'accorder leurs instruments. Si les ondes sonores provenant de deux instruments ne sont pas en accord, il en résulte de l'interférence et une certaine fréquence de battements. Les musiciens ajustent leur instrument jusqu'à ce que les battements disparaissent.

Le diagramme ci-dessous illustre l'interférence de deux ondes sonores de fréquence rapprochée. Si l'on imagine que le diagramme illustre un intervalle de 1 seconde, la fréquence de la première onde est de 32 Hz alors que celle de la seconde est de 36 Hz. La fréquence de battements est ainsi de $36 \text{ Hz} - 32 \text{ Hz} = 4 \text{ Hz}$.



ANNEXE 32 : Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience

Nom : _____

Date : _____

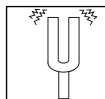
Évaluation du rapport d'expérience

Titre de l'expérience : _____

Membres de l'équipe : _____

| Critères | Points possibles* | Auto-évaluation | Évaluation par l'enseignant |
|---|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| <p><i>Formuler une question</i></p> <ul style="list-style-type: none"> la question mène à l'étude et l'objet est bien ciblé (comporte une relation de cause à effet) | | | |
| <p><i>Émettre une prédiction</i></p> <ul style="list-style-type: none"> les variables dépendante et indépendante sont définies la prédiction comporte une relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante | | | |
| <p><i>Élaborer le plan</i></p> <ul style="list-style-type: none"> le matériel nécessaire est choisi les variables à contrôler sont déterminées les étapes sont énumérées et décrites clairement les mesures de sécurité sont prises en compte l'élimination des déchets est prévue les éléments suivants sont modifiés au besoin et une justification est fournie <ul style="list-style-type: none"> le matériel les variables les mesures de sécurité la démarche | | | |
| <p><i>Réaliser le test, observer et consigner les observations</i></p> <ul style="list-style-type: none"> l'expérience fait l'objet d'essais répétés les données sont consignées en détail et avec les unités appropriées les données sont consignées clairement, de façon structurée et dans un format approprié | | | |
| <p><i>Analyser et interpréter les résultats</i></p> <ul style="list-style-type: none"> les diagrammes sont utilisés au besoin les régularités, les tendances ou les écarts sont précisés les forces et les faiblesses de la méthode et les sources d'erreur possibles sont décrites toute modification au plan initial est décrite et justifiée | | | |
| <p><i>Tirer une conclusion</i></p> <ul style="list-style-type: none"> la relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante est expliquée d'autres explications sont élaborées la prédiction s'est avérée juste ou inexacte | | | |
| Total des points | | | |

* Remarque : L'enseignant ou les élèves de la classe attribuent des points selon les mérites particuliers de l'expérience.

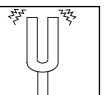


ANNEXE 33 : La vitesse du son – Renseignement pour l'enseignant

La vitesse d'une onde sonore décrit le taux auquel une perturbation traverse un milieu. La vitesse du son, comme de toute autre onde, dépend des propriétés du milieu. En général, la vitesse du son est plus élevée dans les solides que dans les liquides et moins élevée dans les gaz. En analysant un tableau de la vitesse du son dans divers milieux, les élèves se rendront compte de cette propriété. Voir le tableau ci-dessous.

| La vitesse du son | |
|-------------------------|---------------|
| matière | Vitesse (m/s) |
| <u>Gaz à 0 °C</u> | |
| hydrogène | 1270 |
| air | 332 |
| oxygène | 317 |
| dioxyde de carbone | 258 |
| <u>Liquides</u> | |
| eau douce (25 °C) | 1493 |
| alcool | 1241 |
| <u>Solides (à 0 °C)</u> | |
| aluminium | 5104 |
| verre | 5050 |
| acier | 5050 |
| os humain | 4040 |
| pin | 3320 |

Les élèves mélangent souvent les notions de vitesse et de fréquence. Il est important de bien différencier les deux : la vitesse se rapporte au taux auquel la perturbation traverse le milieu alors que la fréquence se rapporte au nombre de vibrations des particules dans le milieu.



ANNEXE 34 : Cadre de notes – L'échelle des décibels

Nom : _____

Date : _____

Un objet qui vibre produit une onde sonore en causant une série de _____ et de _____ dans l'air environnant. L'énergie transmise par l'onde provient de l'objet qui vibre. La quantité d'énergie transmise dépend de _____ de la vibration. Par exemple, l'amplitude d'une corde de guitare qui vibre dépend de la quantité d'énergie conférée lors du pincement. Une corde pincée avec une grande _____ aura une amplitude élevée; l'onde sonore résultante transmettra donc beaucoup _____.

L'intensité d'une onde sonore correspond à la quantité _____ qui passe par une _____ donnée par unité de _____. Lorsque l'amplitude d'une vibration augmente, _____ de l'onde sonore augmente aussi, car la quantité d'énergie passant par une surface donnée par unité de temps augmente. Une onde sonore diminue en intensité en _____ de la source de vibration car l'onde se répand continuellement sur une plus grande _____.

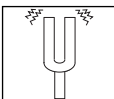
L'échelle des _____ sert à mesurer l'intensité sonore. Puisque l'oreille humaine peut détecter une vaste gamme d'intensités sonores, l'échelle n'est pas _____ mais logarithmique. C'est-à-dire qu'elle est basée sur des multiples de _____. Le _____ correspond à une valeur de 0 décibel (0 dB) et sert comme point de repère. On assigne à un son 10 fois plus fort une valeur de _____ dB. De même, on assigne à un son 100 fois plus fort une valeur de _____ dB et à un son 1000 fois plus fort une valeur de _____ dB. Les _____ mettent en évidence la logique du système :

10 dB : _____ plus fort que le seuil d'audibilité

20 dB : _____ plus fort que le seuil d'audibilité

30 dB : _____ plus fort que le seuil d'audibilité

Le décibel est une unité du Système international nommée en honneur d'_____, scientifique _____ qui a œuvré dans le domaine du son et de la surdité. Par conséquent, on écrit le B du symbole dB en _____. Un décibel correspond à $\frac{1}{10}$ d'un bel, c'est-à-dire $1 \text{ dB} = \text{_____ B}$.



ANNEXE 35 : Cadre de notes – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 36 : Aperçu biographique d'un scientifique

Nom : _____

Date : _____

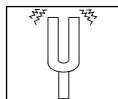
On peut proposer aux élèves de rédiger un aperçu biographique d'un scientifique au lieu de leur demander un essai biographique conventionnel. Le projet qui suit constitue une adaptation de l'idée proposée par Carolyn Canzano et Rebecca Dewey, de la Falls Church High School, à Falls Church (Virginie), et présentée par Michael Kelly, de la Westford Academy, à Westford (Massachusetts), à l'occasion de l'exposition ChemEd89 tenue à Kingston (Ontario).

Un **aperçu biographique** est un recueil de documents présentant un aperçu de la vie d'une personne. Voici quelques-uns des documents en question.

1. Un certificat de naissance, conçu et rempli par l'élève. Il peut être plus approprié de présenter un registre d'Église pour les scientifiques européens.
2. Deux articles, rédigés par l'élève, qui décrivent les contributions du scientifique pendant son adolescence.
3. Une lettre destinée au gouvernement dans laquelle on demande des fonds pour une recherche menée par le scientifique. Adressé à l'ordre de gouvernement qui convient, la lettre doit mentionner l'objectif de la recherche, les coûts prévus pour l'équipement, les aides, et ainsi de suite. La lettre doit également énumérer les bénéfices découlant de la recherche.
4. Un article de journal fictif rédigé la journée suivant l'annonce de l'apport le plus important du scientifique. L'élève doit souligner la contribution du scientifique ainsi que les répercussions possibles sur la société et l'environnement de l'époque.
5. Le curriculum vitæ du scientifique. L'élève doit rédiger le curriculum vitae comme si le scientifique posait sa candidature à un poste deux ans avant son décès.
6. Une bibliographie des travaux principaux du scientifique.
7. Une notice nécrologique.
8. Une épitaphe destinée à la pierre tombale du scientifique.

On peut évaluer l'aperçu biographique en fonction :

- de son originalité;
- de sa disposition;
- de son exactitude par rapport aux lectures faites;
- de l'exactitude des renseignements;
- de la présentation d'idées (y compris la grammaire, l'orthographe et le style).



ANNEXE 37 : Autoévaluation de l'apprentissage par groupes d'experts

Nom : _____

Date : _____

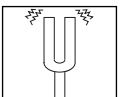
Coche aux bons endroits.

| | | facilement | assez bien | avec difficulté |
|---------------------------------|---|------------|------------|-----------------|
| au sein de mon groupe d'experts | J'ai bien compris le rôle que j'avais à jouer au sein de mon groupe d'experts. | | | |
| | J'ai entrepris une préparation personnelle (lecture, etc.) avant la discussion en groupe d'experts. | | | |
| | J'ai été attentif à ce que disaient les autres experts et je n'ai pas interrompu inutilement les membres de mon groupe. | | | |
| | J'ai encouragé la participation des autres experts par mon attitude positive et respectueuse. | | | |
| | J'ai moi-même contribué positivement à la discussion, par l'entremise de nouvelles idées, de suggestions, de clarifications, etc. | | | |
| | J'ai bien saisi et pris en notes les renseignements clés de la discussion en vue de les partager avec ma famille. | | | |
| au sein de ma famille | J'ai bien compris le rôle que j'avais à jouer au sein de ma famille. | | | |
| | J'ai écouté attentivement les rapports faits au sein de ma famille et j'ai demandé des clarifications au besoin. | | | |
| | J'ai pris en note les renseignements clés issus des rapports faits au sein de ma famille. | | | |
| | J'ai rapporté fidèlement et efficacement les renseignements clés recueillis au sein de mon groupe d'experts. | | | |
| en plénière | J'ai écouté attentivement aux renseignements clés ressortis par l'enseignante ou l'enseignant après le partage en famille. | | | |
| | J'ai posé des questions de clarification lorsque je n'ai pas bien saisi certains renseignements cruciaux. | | | |

De façon générale, je pense que la technique des groupes d'experts...

- a) m'a aidé à bien apprendre les concepts clés. _____
 b) ne m'a pas aidé à bien apprendre les concepts clés. _____

Explique ta réponse. _____

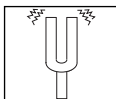


ANNEXE 38 : La physique de la musique

Nom : _____

Date : _____

| Type d'instrument | Exemple | Façon de générer l'onde | Fréquence | Amplitude | Forme de l'onde |
|-------------------|---------|-------------------------|-----------|-----------|-----------------|
| à cordes | | | | | |
| à vent | | | | | |
| à percussion | | | | | |



ANNEXE 39 : La physique de la musique – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

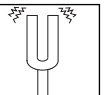
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

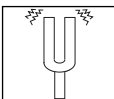
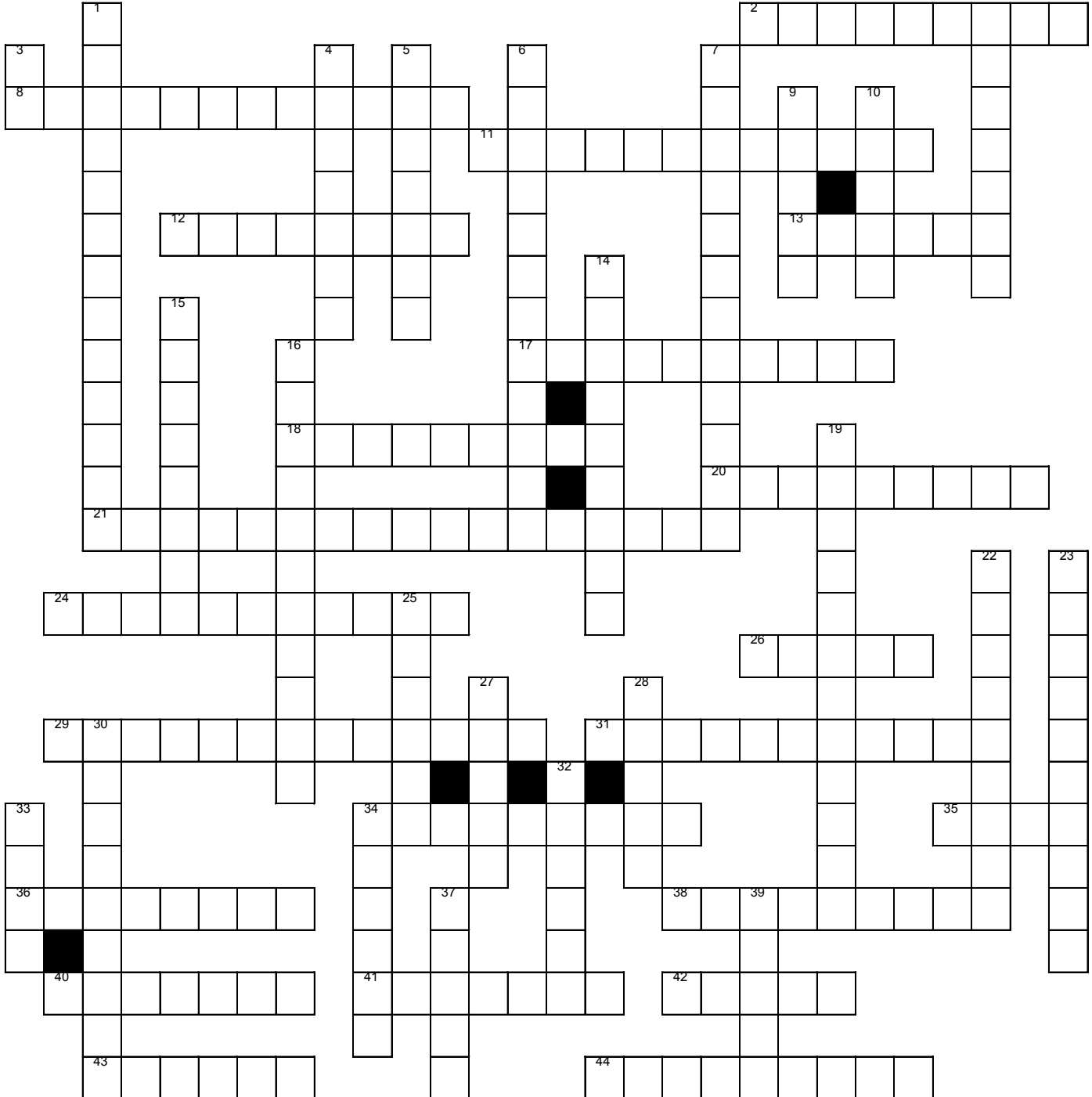
coût : 19,85 \$



ANNEXE 40 : Grille de mots croisés – Les ondes et le son

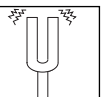
Nom : _____

Date : _____



ANNEXE 40 : Grille de mots croisés – Les ondes et le son (suite)

| Horizontalement | Verticalement |
|---|--|
| <p>2. Utile pour visualiser les ondes.</p> <p>8. Les crêtes d'eau focalisent la lumière créant des _____.</p> <p>11. Une onde _____ résulte de l'interférence.</p> <p>12. La _____ d'une raréfaction est inférieure à la normale.</p> <p>13. Intervalle séparant les ondes sonores 27,5 Hz et 55 Hz.</p> <p>17. Survient lorsqu'une onde passe d'un milieu à l'autre.</p> <p>18. Le nombre de nœuds augmente lorsque la _____ augmente.</p> <p>20. En jouant du cor, on entraîne la _____ d'une colonne d'air.</p> <p>21. Onde pouvant se déplacer dans le vide.</p> <p>24. Interférence dont l'onde résultante est à amplitude inférieure.</p> <p>26. Diatonique, par exemple.</p> <p>29. Principe qui explique l'interférence.</p> <p>31. Zone d'une onde longitudinale à particules rapprochées.</p> <p>34. Onde ayant besoin d'un milieu.</p> <p>35. Une extrémité _____ réfléchit une impulsion en la renversant.</p> <p>36. Instrument métallique en forme de « Y » que l'on frappe.</p> <p>38. Exemple : promener un doigt mouillé sur le bord d'un verre.</p> <p>40. Entraîné par un mouvement relatif entre source et auditeur.</p> <p>41. La _____ d'une note musicale dépend de sa fréquence.</p> <p>42. Contraire de crête.</p> <p>43. Ce qui émet une onde : la _____ de vibrations.</p> <p>44. Une perturbation unique.</p> | <p>1. Une onde _____ consiste en compressions et raréfactions.</p> <p>3. Correspond à 1 s^{-1}.</p> <p>4. Obtenue en multipliant la fréquence par la longueur d'onde.</p> <p>5. La durée d'un cycle.</p> <p>6. Peut être constructive ou destructive.</p> <p>7. Type d'interférence qui entraîne les ventres.</p> <p>9. Perpendiculaire au front d'onde.</p> <p>10. Partie d'une onde transversale qui est supérieure à l'axe.</p> <p>14. L'angle de _____ est toujours égal à l'angle d'incidence.</p> <p>15. Le rayon _____ frappe une surface.</p> <p>16. Survient lorsque les ondes passent par une fente.</p> <p>19. Effectuée par le milieu; trouvée dans une voiture.</p> <p>22. Mesurée par l'échelle des décibels.</p> <p>23. Permettent aux musiciens d'accorder leurs instruments.</p> <p>25. Zone entre deux nœuds.</p> <p>27. Permet aux chauve-souris de naviguer.</p> <p>28. Point immobile dans une onde stationnaire.</p> <p>30. Technologie permettant la visualisation d'organes internes.</p> <p>32. Essentiel pour toute onde mécanique.</p> <p>33. Où le silence est garanti. _____</p> <p>34. L'écart de distance entre P_1S_1 et P_1S_2 : la différence de _____.</p> <p>37. Correspond à 0 dB : le _____ d'audibilité.</p> <p>39. A découvert la relation entre i et R sans publier ses résultats.</p> |



ANNEXE 41 : Grille de mots croisés – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

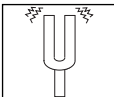
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



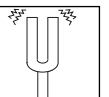
LES ONDES

Physique
Secondaire 3
Regroupement 1

PORTFOLIO : Table des matières

Nom : _____

| PIÈCE* | TYPE DE TRAVAIL | DATE | CHOISIE PAR |
|--------|-----------------|------|-------------|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | |
| 9. | | | |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| 15. | | | |



PORTFOLIO : Fiche d'identification

Fiche d'identification

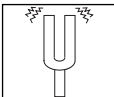
Nom de la pièce : _____

Apprentissage visé (connaissances, habiletés, attitudes) : _____

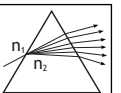
Remarques et réflexions personnelles au sujet de ce travail : _____

Ton niveau de satisfaction par rapport à ce travail :

| | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| pas satisfait(e) du tout | | | | très satisfait(e) |



LA NATURE DE LA LUMIÈRE



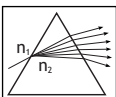
APERÇU DU REGROUPEMENT

Une compréhension de la nature des sciences constitue un des principes de base de l'éducation. Cependant, on l'enseigne rarement de façon explicite. Dans le présent regroupement, l'élève se familiarise avec les caractéristiques des modèles, des lois et des théories dans le contexte du développement historique du modèle de la lumière.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

Les élèves ont étudié la lumière en 3^e année et l'optique en 8^e année. En secondaire 3, l'accent est mis sur le développement historique des modèles de la lumière. Les cinq premiers résultats d'apprentissage de ce regroupement sont de nature générale et pourraient être étudiés à d'autres moments. Ils sont placés ici pour faire un lien évident entre la nature des sciences et certains moments importants dans l'histoire de la physique. L'accès des élèves à Internet est fortement recommandé afin qu'ils puissent y poursuivre leurs recherches.

Deux pages reproductibles pour le portfolio figurent à la toute fin du regroupement. Elles sont de nature très générale et conviennent au portfolio d'apprentissage ou d'évaluation. Des suggestions pour la cueillette d'échantillons à inclure dans ce portfolio se trouvent dans la section de l' « Introduction générale ».

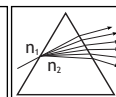


BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

Afin de faciliter la présentation des renseignements et des stratégies d'enseignement et d'évaluation, les RAS de ce regroupement ont été disposés en **blocs d'enseignement**. À souligner que, tout comme le regroupement lui-même, les blocs d'enseignement ne sont que des pistes suggérées pour le déroulement du cours de physique. L'enseignant peut choisir de structurer son cours et ses leçons en privilégiant une autre approche. Quoi qu'il en soit, les élèves doivent réussir les RAS prescrits par le Ministère pour la physique secondaire 3.

Outre les RAS propres à ce regroupement, plusieurs RAS transversaux de la physique secondaire 3 ont été rattachés aux blocs afin d'illustrer comment ils peuvent s'enseigner pendant l'année scolaire.

| | Titre du bloc | RAS inclus dans le bloc | Durée suggérée |
|--------|---|--|-----------------------|
| Bloc A | Observations, déductions, modèles et lois | S3P-2-01, S3P-0-1a, S3P-0-1e | 100 à 120 min |
| Bloc B | Expérience sur la relation linéaire | S3P-2-02, S3P-0-2a, S3P-0-2e, S3P-0-2g | 120 à 140 min |
| Bloc C | Le raisonnement scientifique | S3P-2-03, S3P-0-3b, S3P-0-4f | 100 à 120 min |
| Bloc D | La nature des théories scientifiques | S3P-2-04, S3P-2-05, S3P-0-1c, S3P-0-1d | 100 à 120 min |
| Bloc E | Les modèles de la lumière – un aperçu | S3P-2-06, S3P-0-1d | 60 à 90 min |
| Bloc F | Modèle corpusculaire de la lumière | S3P-2-07, S3P-2-08, S3P-0-1a, S3P-0-1d, S3P-0-2g | 120 à 140 min |
| Bloc G | La vitesse de la lumière – un aperçu historique | S3P-2-09, S3P-0-1d, S3P-0-2i, S3P-0-3b, S3P-0-4b | 120 à 140 min |
| Bloc H | Problèmes relatifs au modèle corpusculaire | S3P-2-10, S3P-0-1d | 60 à 90 min |
| Bloc I | Le modèle ondulatoire de la lumière | S3P-2-11, S3P-2-12, S3P-0-1d | 120 à 140 min |
| Bloc J | L'établissement de la lumière comme une onde | S3P-2-13, S3P-2-14, S3P-2-15, S3P-0-1c, S3P-0-1d | 120 à 140 min |
| Bloc K | L'effet photoélectrique | S3P-2-16, S3P-0-1d | 60 à 90 min |
| Bloc L | Le principe de complémentarité | S3P-2-17, S3P-0-1a, S3P-0-1c, S3P-0-1d | 60 à 90 min |
| | <i>Récapitulation et objectivation pour le regroupement en entier</i> | | <i>100 à 120 min</i> |
| | Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement | | 19 à 25 h |



RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

Vous trouverez ci-dessous une liste de ressources éducatives qui se prêtent bien à ce regroupement. Il est possible de se procurer la plupart de ces ressources à la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) ou de les commander auprès du Centre des manuels scolaires du Manitoba (CMSM).

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

Éléments de physique : cours d'introduction, de David G. Martindale et Lise Malo, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (1992). ISBN 2-89310-085-6. DREF 530 M384e. CMSM 94775.

Éléments de physique : cours d'introduction – Guide d'enseignement, de David G. Martindale, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (1994). ISBN 2-89310-173-9. DREF 530 M384e.

[R] **L'enseignement des sciences de la nature au secondaire : Une ressource didactique**, d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba (2000). ISBN 0-7711-2139-3. DREF PD. CMSM 93965. [stratégies de pédagogie différenciée]

[R] **Newton et la mécanique céleste**, de Jean-Pierre Maury, Éd. Gallimard (1990). ISBN 2-07-053116-3. DREF 530.092 N563m. [biographie avec plusieurs extraits de correspondance entre Newton et Hooke]

Physique 3 : ondes, optique et physique moderne – Manuel, de Harris Benson et autres, Éd. du Renouveau pédagogique (1999). ISBN 2-7613-1042-X. CMSM 92330. [référence pour l'enseignant]

Physique 3 : ondes, optique et physique moderne – Solutionnaire, de Harris Benson et autres, Éd. du Renouveau pédagogique (1999). ISBN 2-7613-1094-2. CMSM 92331.

Physique 11 – Guide d'enseignement (avec réponses sur cédérom), de Igor Nowikow et Brian Heimbecker, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2002). ISBN 2-89310-873-3. DREF 530 N948p. CMSM 93007.

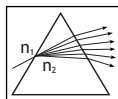
Physique 11 – Manuel de l'élève, de Igor Nowikow et Brian Heimbecker, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2002). ISBN 2-89310-872-5. DREF 530 N948p. CMSM 92303.

Physique 12 – Banque de questions informatisées, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1551-4. CMSM 93008.

Physique 12 – Guide du maître, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1548-4. CMSM 93009.

Physique 12 – Manuel de l'élève, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1534-4. CMSM 93010.

Physique 12 – Matériel reproductible, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1549-2. CMSM 93011.



Physique 12 – Solutionnaire, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1550-6. CMSM 93012.

La physique et le monde moderne, de Alan Hirsch et Michèle Lemaître, Éd. Guérin (1991). ISBN 2-7601-2400-2. DREF 530.0202 H669p.

La physique et ses applications, de Alan Hirsch et Fernand Houle, Éd. J. Wiley (1991). ISBN 0-471-79524-0. DREF 530 H669p. CMSM 94785.

Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé, de David G. Martindale et autres, Éd. Guérin (1992). ISBN 2-7601-2445-2. DREF 530 M384p. CMSM 94791.

[R] **La sécurité en sciences de la nature : Un manuel ressource**, d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba (1999). ISBN 0-7711-2136-9. DREF P.D. 371.623 S446. CMSM 91719.

AUTRES IMPRIMÉS

L'Actualité, Éditions Rogers Media, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 20 fois l'an; articles d'actualité canadienne et internationale]

Ça m'intéresse, Prisma Presse, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; beaucoup de contenu STSE; excellentes illustrations]

Les clés de l'actualité, Milan Presse, Toulouse (France). [tabloïde hebdomadaire à l'intention des adolescents; actualités scientifiques]

Extra : L'encyclopédie qui dit tout, Trustar Limitée, Montréal (Québec). [supplément hebdomadaire à la revue 7 jours; contient d'excellents articles et renseignements scientifiques de tout genre]

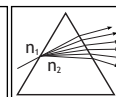
Interface, Association canadienne française pour l'avancement des sciences, Montréal (Québec). [revue bimensuelle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). [revue mensuelle; version française de la revue américaine *Scientific American*]

Protégez-Vous, Le Magazine Protégez-Vous, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle à l'intention de la protection des consommateurs québécois; plusieurs articles sur des technologies de tous les jours et leurs répercussions sociales et médicales]

Québec Science, La Revue Québec Science, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 10 fois l'an]

La Recherche, La Société d'éditions scientifiques, Paris (France). [revue mensuelle française; traite de divers sujets scientifiques]



Science et vie, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles plus techniques]

Science et vie junior, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; explications logiques avec beaucoup de diagrammes]

Science illustrée, Groupe Bonnier France, Boulogne-Billancourt (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles bien illustrés et expliqués]

Sciences et avenir, La Revue Sciences et avenir, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles détaillés]

MATÉRIEL DIVERS

Boîtes mystères (Réflexion), Éd. Prolabec. DREF M.-M. 535.3 R332 01. [ensemble multimédia; comprend le guide de l'enseignant + le cahier de l'élève; filtres de couleurs; lentilles et miroirs; bloc de réfraction; lentille semi-circulaire + boîte à rayons]

Boîtes mystères (Réfraction), Éd. Prolabec. DREF M.-M. 535.3 R332 02. [ensemble multimédia; comprend le guide de l'enseignant + le cahier de l'élève; filtres de couleurs; lentilles et miroirs; bloc de réfraction; lentille semi-circulaire + boîte à rayons]

VIDÉOCASSETTES

[R] **La dualité onde-corpuscule**, Prod. TV Ontario (1984). DREF 43007/V8150. [30 min; traite du modèle corpusculaire de Isaac Newton et du modèle ondulatoire de la lumière]

[R] **La dualité onde-corpuscule**, Prod. TV Ontario (1984). DREF 43006/V8147. [30 min; traite de la notion de quantum et des photons ainsi que de la nécessité d'utiliser une théorie à la fois ondulatoire et corpusculaire pour expliquer le comportement de la lumière]

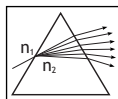
DISQUES NUMÉRISÉS ET LOGICIELS

Physique seconde : tout le programme de l'année scolaire, de Jean Hugon, Chambéry (1999). DREF CD-ROM 530 G326 01. [cédérom; émission, propagation, réception de la lumière, réflexion et réfraction de la lumière, modèle ondulatoire de la lumière]

SITES WEB

Agence Science-Press. <http://www.sciencepresse.qc.ca/index.html> (juillet 2003). [excellent répertoire des actualités scientifiques issues de nombreuses sources internationales; dossiers très informatifs]

Classification des modèles de la lumière. <http://www.apsq.org/sautquantique/activite/ANN-04.pdf> (juillet 2003). [fiches qui vont avec les activités du site *historique de la lumière*]



Détermination de la vitesse de la lumière. http://visite.artsetmetiers.free.fr/foucault_lumiere.html (juillet 2003).

[R] **Le grand dictionnaire terminologique.** http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motclef/index800_1.asp (juillet 2003). [dictionnaire anglais-français de terminologie liée aux sciences et à la technologie; offert par l'Office de la langue française du Québec]

Historique de la lumière. <http://www.apsq.org/sautquantique/activite/ANN-04.pdf> (juillet 2003). [excellent site qui propose des activités au sujet des modèles de la lumière]

Ils sont fous ces physiciens. http://www.physique.usherb.ca/attracte/12-2001/ils_sont_fous_ces_physiciens.htm (juillet 2003). [article qui traite de la dualité onde-corpuscule de la lumière ainsi que de la théorie quantique]

Infoscience-biographies. http://www.infoscience.fr/histoire/biograph/biograph_som.html (juillet 2003). [biographies de plusieurs scientifiques]

Intersciences. <http://membres.lycos.fr/ajdesor/> (juillet 2003). [excellent répertoire de sites Web portant sur les sciences; un grand nombre de sites en français]

La lumière : dualité onde-corpuscule. http://www.vulgum.org/libre/article.php3?id_article=121 (juillet 2003).

Michelson et la vitesse de la lumière. http://www.vulgum.org/libre/article.php3?id_article=122 (juillet 2003).

Pour la science. <http://www.pourlascience.com/> (juillet 2003). [revue française qui traite des découvertes scientifiques]

Les premières mesures de la vitesse de la lumière. <http://clubastronomie.free.fr/lois/romer.htm> (juillet 2003).

Québec Science. http://www.cybersciences.com/Cyber/0.0/0_0.asp (juillet 2003). [revue canadienne qui traite de découvertes scientifiques]

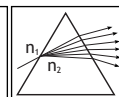
Radio-Canada : Science-technologie. <http://www.radio-canada.ca/sciencetechno/> (juillet 2003). [actualités, reportages]

Réfraction de la lumière. Démonstration. <http://www.ac-nice.fr/physique/refraction/refraction.htm> (juillet 2003).

Le réseau Franco-Science. <http://www.franco-science.org/> (juillet 2003). [répertoire des sciences en français géré par l'Agence Science-Pressé]

Sciences en ligne. <http://www.sciences-en-ligne.com/> (juillet 2003). [excellent magazine en ligne sur les actualités scientifiques; comprend un dictionnaire interactif pour les sciences, à l'intention du grand public]

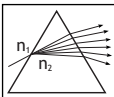
Sciences et avenir quotidien. <http://quotidien.sciencesetavenir.com/> (juillet 2003). [revue française qui traite des actualités scientifiques]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

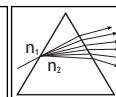
L'élève sera apte à :

- S3P-2-01 faire ressortir, au moyen d'une activité du type « boîte noire », la relation qui existe entre les observations, les déductions, les modèles et les lois;
RAG : A2
- S3P-2-02 planifier et mener une expérience pour découvrir une relation linéaire entre deux variables et l'exprimer sous forme de relation mathématique (loi),
entre autres les modes de représentation visuelle, numérique, graphique, et symbolique;
RAG : A2, C2
- S3P-2-03 décrire le lien qui existe entre une affirmation, une preuve et le raisonnement à l'appui de la preuve,
entre autres le modèle atomique de la matière, certains slogans publicitaires;
RAG : A1, A2
- S3P-2-04 souligner la nature provisoire des théories scientifiques,
entre autres les théories spéculatives et les théories robustes;
RAG : A2
- S3P-2-05 décrire les caractéristiques d'une bonne théorie,
entre autres la précision, la simplicité et le pouvoir explicatif;
RAG : A2
- S3P-2-06 résumer plusieurs modèles historiques de la nature de la lumière,
entre autres le modèle tactile, émissif, corpusculaire et ondulatoire;
RAG : A2
- S3P-2-07 résumer les premières observations à l'appui du modèle corpusculaire de la lumière de Newton,
entre autres la propagation, la réflexion, la réfraction et la dispersion;
RAG : A2, C2
- S3P-2-08 mener une expérience pour démontrer que, d'après le modèle corpusculaire, la lumière se propage plus rapidement dans un milieu plus réfringent que dans un milieu moins réfringent ($v_r > v_i$);
RAG : A2, C2
- S3P-2-09 résumer la contribution historique de Galilée, de Römer, de Huygens, de Fizeau, de Foucault et de Michelson dans les efforts déployés pour mesurer la vitesse de la lumière;
RAG : A2



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

- S3P-2-10 décrire des phénomènes qui sont en contradiction avec le modèle corpusculaire de la lumière, entre autres la diffraction, la réflexion et la réfraction partielles de la lumière;
RAG : A2
- S3P-2-11 souligner les preuves qui appuient le modèle ondulatoire de la lumière, entre autres la propagation, la réflexion, la réfraction, la réflexion et la réfraction partielles, la diffraction et la dispersion;
RAG : A2
- S3P-2-12 comparer les prévisions du modèle ondulatoire avec celles du modèle corpusculaire en ce qui concerne la vitesse de la lumière dans un milieu de réfraction;
RAG : A2
- S3P-2-13 tracer un diagramme de la figure d'interférence obtenue lorsqu'un faisceau de lumière passe à travers une double fente;
RAG : C2
- S3P-2-14 effectuer l'expérience de Young sur la diffraction de la lumière par une double fente pour calculer la longueur d'onde de la lumière,
entre autres $\lambda = \frac{\Delta x d}{L}$;
RAG : C2
- S3P-2-15 décrire la lumière comme étant une onde électromagnétique;
RAG : C2
- S3P-2-16 discuter en termes qualitatifs de l'explication donnée par Einstein de l'effet photoélectrique;
RAG : D4
- S3P-2-17 examiner les modèles ondulatoire et corpusculaire de la lumière en faisant ressortir le point de vue actuel,
entre autres le principe de complémentarité.
RAG : A2, C8

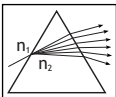


RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

L'élève sera apte à :

Nature des sciences

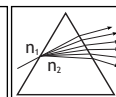
- S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques;
RAG : A2
- S3P-0-1b décrire l'importance de la revue par des pairs dans l'évaluation et l'acceptation de théories, de données et d'affirmations;
RAG : A4, B1
- S3P-0-1c rattacher l'historique des idées scientifiques et de la technologie à la forme et à la fonction du savoir scientifique actuel;
RAG : B1
- S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées;
RAG : A1, A2
- S3P-0-1e établir la différence entre l'explication des phénomènes naturels par les théories scientifiques, et la description des régularités et des constantes de la nature au moyen des lois scientifiques;
RAG : A2, D6



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

- S3P-0-2a employer les modes de représentation visuelle, numérique, symbolique ou graphique pour découvrir et représenter des relations tout en choisissant le mode le plus approprié;
RAG : C2, C3
- S3P-0-2b mener une expérience scientifique en posant une question initiale, en énonçant des hypothèses et en planifiant, en adaptant ou en poussant plus loin une démarche expérimentale;
RAG : C5, C7
- S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants;
RAG : A2, C8
- S3P-0-2d estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant les unités du Système international (SI);
RAG : C4, C6
- S3P-0-2e évaluer la pertinence, la fiabilité et l'adéquation des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres les sources d'erreur et l'écart dans les résultats;
RAG : C5, C8
- S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié,
entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;
RAG : C6, C7
- S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables;
RAG : C3, C8
- S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs,
entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs;
RAG : C2, C3
- S3P-0-2i sélectionner et intégrer de l'information obtenue à partir d'une variété de sources,
entre autres imprimées, électroniques, humaines;
RAG : C6, C8



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

S3P-0-3a analyser, selon diverses perspectives, des avantages et des inconvénients pour la société et l'environnement lorsqu'on applique des connaissances scientifiques ou on introduit une technologie particulière;

RAG : B1, B2

S3P-0-3b décrire des exemples d'évolution de la technologie à la suite de progrès dans le savoir scientifique, et des exemples d'évolution du savoir scientifique résultant d'innovations technologiques;

RAG : A2, B2

S3P-0-3c relever des enjeux d'ordre social liés aux sciences et à la technologie, en tenant compte des besoins humains et environnementaux et des considérations éthiques;

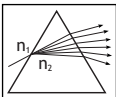
RAG : B3, B5

S3P-0-3d appliquer le processus de prise de décisions à un enjeu STSE;

RAG : B5, C4

S3P-0-3e soulever un problème, en rechercher une solution technologique ou autre et la réaliser;

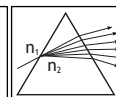
RAG : B4, C4, C6



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Attitudes

- S3P-0-4a faire preuve d'habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : C1, C2
- S3P-0-4b travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux;
RAG : C7
- S3P-0-4c faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique, de résoudre des problèmes et d'examiner en enjeu STSE;
RAG : C3, C5
- S3P-0-4d acquérir un sens de responsabilité personnelle et collective au regard de l'impact des êtres humains sur l'environnement, et prendre en considération les conséquences d'actions prévues sur la société et l'environnement;
RAG : B1, B2
- S3P-0-4e manifester un intérêt soutenu et plus éclairé dans les sciences et les questions d'ordre scientifique;
RAG : B4, B5
- S3P-0-4f valoriser l'ouverture d'esprit, le scepticisme, l'honnêteté, l'exactitude, la précision et la persévérance en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques.
RAG : C5



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX

Le but des résultats d'apprentissage manitobains en sciences de la nature est d'inculquer à l'élève un certain degré de culture scientifique qui lui permettra de devenir un citoyen renseigné, productif et engagé. **Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :**

Nature des sciences et de la technologie

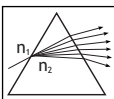
- A1. reconnaître à la fois les capacités et les limites des sciences comme moyen de répondre à des questions sur notre monde et d'expliquer des phénomènes naturels;
- A2. reconnaître que les connaissances scientifiques se fondent sur des données, des modèles et des explications, et évoluent à la lumière de nouvelles données et de nouvelles conceptualisations;
- A3. distinguer de façon critique les sciences de la technologie, en fonction de leurs contextes, de leurs buts, de leurs méthodes, de leurs produits et de leurs valeurs;
- A4. identifier et apprécier les contributions qu'ont apportées des femmes et des hommes issus de diverses sociétés et cultures à la compréhension de notre monde et à la réalisation d'innovations technologiques;
- A5. reconnaître que les sciences et la technologie interagissent et progressent mutuellement;

Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

- B1. décrire des innovations scientifiques et technologiques, d'hier et d'aujourd'hui, et reconnaître leur importance pour les personnes, les sociétés et l'environnement à l'échelle locale et mondiale;
- B2. reconnaître que les poursuites scientifiques et technologiques ont été et continuent d'être influencées par les besoins des humains et le contexte social de l'époque;
- B3. identifier des facteurs qui influent sur la santé et expliquer des liens qui existent entre les habitudes personnelles, les choix de style de vie et la santé humaine aux niveaux personnel et social;
- B4. démontrer une connaissance et un intérêt personnel pour une gamme d'enjeux, de passe-temps et de métiers liés aux sciences et à la technologie;
- B5. identifier et démontrer des actions qui favorisent la durabilité de l'environnement, de la société et de l'économie à l'échelle locale et mondiale;

Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques

- C1. reconnaître les symboles et les pratiques liés à la sécurité lors d'activités scientifiques et technologiques ou dans sa vie de tous les jours, et utiliser ces connaissances dans des situations appropriées;
- C2. démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il entreprend une étude scientifique;
- C3. démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il s'engage dans la résolution de problèmes technologiques;
- C4. démontrer des habiletés de prise de décisions et de pensée critique lorsqu'elle ou il adopte un plan d'action fondé sur de l'information scientifique et technologique;



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX (suite)

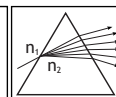
- C5. démontrer de la curiosité, du scepticisme, de la créativité, de l'ouverture d'esprit, de l'exactitude, de la précision, de l'honnêteté et de la persistance, et apprécier l'importance de ces qualités en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques;
- C6. utiliser des habiletés de communication efficaces et des technologies de l'information afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques;
- C7. travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui lors de ses activités scientifiques et technologiques;
- C8. évaluer, d'une perspective scientifique, les idées et les renseignements rencontrés au cours de ses études et dans la vie de tous les jours;

Connaissances scientifiques essentielles

- D1. comprendre les structures et les fonctions vitales qui sont essentielles et qui se rapportent à une grande variété d'organismes, dont les humains;
- D2. comprendre diverses composantes biotiques et abiotiques, ainsi que leurs interactions et leur interdépendance au sein d'écosystèmes, y compris la biosphère en entier;
- D3. comprendre les propriétés et les structures de la matière ainsi que diverses manifestations et applications communes des actions et des interactions de la matière;
- D4. comprendre comment la stabilité, le mouvement, les forces ainsi que les transferts et les transformations d'énergie jouent un rôle dans un grand nombre de contextes naturels et fabriqués;
- D5. comprendre la composition de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la lithosphère ainsi que des processus présents à l'intérieur de chacune d'elles et entre elles;
- D6. comprendre la composition de l'Univers et les interactions en son sein ainsi que l'impact des efforts continus de l'humanité pour comprendre et explorer l'Univers;

Concepts unificateurs

- E1. décrire et apprécier les similarités et les différences parmi les formes, les fonctions et les régularités du monde naturel et fabriqué;
- E2. démontrer et apprécier comment le monde naturel et fabriqué est composé de systèmes et comment des interactions ont lieu au sein de ces systèmes et entre eux;
- E3. reconnaître que des caractéristiques propres aux matériaux et aux systèmes peuvent demeurer constantes ou changer avec le temps et décrire les conditions et les processus en cause;
- E4. reconnaître que l'énergie, transmise ou transformée, permet à la fois le mouvement et le changement, et est intrinsèque aux matériaux et à leurs interactions.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc A **Observations, déductions, modèles et lois**

L'élève sera apte à :

S3P-2-01 faire ressortir, au moyen d'une activité du type « boîte noire », la relation qui existe entre les observations, les déductions, les modèles et les lois;
RAG : A2

S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques;
RAG : A2


Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶


Inviter les élèves à faire une chaîne de graffitis coopératifs (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.16 et 3.17). Les questions suivantes pourraient aider à guider les élèves :

 L'annexe 1 fournit des renseignements au sujet des modèles, des lois et des théories.

- Qu'est-ce qu'un modèle scientifique? Donnez-en des exemples.
- Qu'est-ce qu'une loi scientifique? Donnez-en des exemples.
- Qu'est-ce qu'une théorie scientifique? Donnez-en des exemples.
- Comment peut-on prouver une théorie scientifique?
- Croyez-vous que les atomes existent? Pourquoi?
- Quelles sont les ressemblances et les différences entre les sciences de la nature et les beaux-arts?
- Certains astronomes prétendent que l'Univers est en expansion. D'autres disent qu'il rétrécit. Encore d'autres prétendent qu'il est de grandeur constante. Comment ces scientifiques parviennent-ils à des conclusions différentes à partir des mêmes données expérimentales?
- Les théories scientifiques peuvent-elles changer?

En quête

❶

Présenter aux élèves une boîte noire et les inviter à élaborer un modèle quant à son contenu. Leur demander d'établir la différence entre leurs observations et leurs déductions.  L'annexe 2 fournit des renseignements à cet effet ainsi qu'un exemple bien développé.

En fin


❶

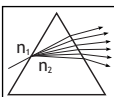
Inviter les élèves à formuler un modèle pour expliquer leurs observations d'un phénomène, par exemple :

- frotter une tige en plastique sur un chiffon et l'approcher d'un mince filet d'eau coulant du robinet (la tige acquiert une charge électrostatique et attire les molécules polaires de l'eau);
- placer de petits morceaux de polystyrène sur une machine de Van de Graaff (le polystyrène acquiert la même charge que celle de la machine de Van de Graaff et les petits morceaux sont repoussés);
- frotter le bord d'un verre à pied d'un doigt mouillé (le frottement entraîne une onde stationnaire dans le verre qui accroît en intensité de sorte à faire vibrer les molécules d'air);
- expliquer le fait qu'un tremblement de terre en Ontario peut faire bouger les verres dans une armoire au Manitoba (l'énergie est transmise d'un endroit à l'autre sous forme d'ondes sismiques).

OU

❷

Inviter les élèves à lire le poème *Les aveugles et l'éléphant* ( voir l'annexe 3) et à faire le lien avec les modèles.



S3P-0-1e établir la différence entre l'explication des phénomènes naturels par les théories scientifiques, et la description des régularités et des constantes de la nature au moyen des lois scientifiques.
RAG : A2, D6

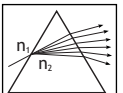
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter les élèves à préparer une boîte noire, à l'échanger avec un partenaire et à noter dans son carnet scientifique les étapes suivies pour arriver à un modèle expliquant l'identité de l'objet.

❷

Inviter les élèves à compléter un cadre de comparaison pour distinguer les termes *loi* et *modèle* ainsi que *observation* et *déduction* (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.24).



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc B **Expérience sur la relation linéaire**

L'élève sera apte à :

S3P-2-02 planifier et mener une expérience pour découvrir une relation linéaire entre deux variables et l'exprimer sous forme de relation mathématique (loi), entre autres les modes de représentation visuelle, numérique, graphique, et symbolique;
RAG : A2, C2

S3P-0-2a employer les modes de représentation visuelle, numérique, symbolique ou graphique pour découvrir et représenter des relations tout en choisissant le mode le plus approprié;
RAG : C2, C3

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à mener une réflexion sur les régularités numériques observées dans le cours de *Sciences de la nature 20F*, par exemple : $a \propto F$, $a \propto 1/m$, $d \propto v^2$. Expliquer aux élèves la différence entre une relation linéaire et une relation non linéaire. Revoir la notation avec les élèves en précisant que la variable dépendante se trouve toujours à la gauche du symbole de proportionnalité. Inviter les élèves à rédiger sous forme de phrase la signification de chaque expression de proportionnalité.

Revoir au besoin les quatre modes de représentation, les variables indépendante et dépendante, la formulation d'une hypothèse, la préparation d'un tableau de données et d'un graphique ainsi que l'analyse graphique.

En quête

❶

Présenter les concepts suivants : *interpolation, extrapolation, erreur aléatoire, erreur systématique et pourcentage d'erreur*. Les annexes 4 et 5 présentent des renseignements à cet effet.

Inviter les élèves à planifier et à réaliser une expérience simple qui permettra de déterminer la relation entre deux variables, par exemple :

- le rebondissement d'une balle en fonction de sa hauteur initiale (voir l'annexe 6);
- la circonférence d'un cercle en fonction de son diamètre;

- l'allongement d'un ressort en fonction de la masse suspendue (la loi de Hooke);
- la longueur d'une ombre en fonction de la hauteur d'un objet (voir l'annexe 7).

Réviser les étapes de l'étude scientifique à l'aide de l'annexe 8. Indiquer aux élèves qu'ils doivent compléter un rapport d'expérience (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.28, 11.29, 11.38 et 11.39). Laisser les élèves expérimenter la démarche qu'ils ont eux-mêmes proposée, dans la mesure où leur sécurité personnelle n'est pas menacée, afin qu'ils puissent déterminer les modifications nécessaires à apporter à leur plan. Inviter les élèves à noter toute modification apportée à leur plan et à l'accompagner d'une justification. S'assurer que les élèves font ressortir les quatre modes de représentation pendant l'analyse et les amener à comprendre ce que c'est une loi scientifique. Inviter les élèves à appliquer l'interpolation, l'extrapolation, l'erreur aléatoire, l'erreur systématique et le pourcentage d'erreur dans le contexte de leur expérience.

En fin

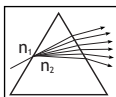
❶

Inviter les élèves à représenter visuellement, numériquement et graphiquement des formules familières telles que $C = 2\pi r$, $V = Bh$ (pour une base constante), $A = 0,5bh$ (pour une base constante), $V = m/\rho$ (où ρ représente la masse volumique).

OU

❷

Inviter les élèves à explorer comment des scientifiques emploient les quatre modes de représentation.



S3P-0-2e évaluer la pertinence, la fiabilité et l'adéquation des données et des méthodes de collecte de données, entre autres les sources d'erreur et l'écart dans les résultats;
RAG : C5, C8

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables.
RAG : C3, C8

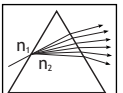
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Évaluer les rapports d'expérience en se servant d'une grille d'évaluation (voir l'annexe 9). Porter une attention particulière à l'emploi des modes de représentation, aux sources d'erreurs indiquées par les élèves ainsi qu'à l'analyse des relations entre les variables.

❷

Inviter les élèves à analyser des données en se servant des quatre modes de représentation (voir l'annexe 10).



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc C Le raisonnement scientifique

L'élève sera apte à :

S3P-2-03 décrire le lien qui existe entre une affirmation, une preuve et le raisonnement à l'appui de la preuve, entre autres le modèle atomique de la matière, certains slogans publicitaires;
RAG : A1, A2

S3P-0-3b décrire des exemples d'évolution de la technologie à la suite de progrès dans le savoir scientifique, et des exemples d'évolution du savoir scientifique résultant d'innovations technologiques;
RAG : A2, B2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

1

Inviter les élèves à examiner un exemple d'affirmation tiré de la vie de tous les jours :

Vous discutez des boissons gazeuses avec votre ami quand il fait la déclaration suivante : « Dr Pop est la meilleure boisson gazeuse sur le marché ». Vous n'êtes pas convaincu et lui demandez de justifier son opinion en fournissant des preuves. Pour vous convaincre, il vous présente les preuves suivantes :

- Céline Dion recommande ce produit;
- Selon une étude menée cette année, 3 personnes sur 4 préfèrent Dr Pop;
- Ce produit contient moins de caféine et moins de sucre, par conséquent il est meilleur pour la santé.

Poser les questions suivantes aux élèves :

- *Quelle est l'affirmation qui a été faite? (L'affirmation est : « Dr Pop est la meilleure boisson gazeuse sur le marché. »)*
- *Qui a fait cette affirmation? (Un ami.)*
- *Seriez-vous prêts à accepter cette affirmation d'après les preuves qu'il vous a présentées pour l'appuyer? Pourquoi? (Les réponses peuvent varier.)*

En quête

1

A) Discuter avec les élèves de la signification des termes *affirmation*, *preuve* et *raisonnement à l'appui de la preuve*.

Une **affirmation** est une déclaration de conviction consistant en une phrase du type « Je sais que... ». Étant donné qu'en science aucune connaissance n'est absolument sûre et immuable, toute affirmation est considérée comme provisoire et peut être remise en question à la lumière de nouvelles données (observations que nous recueillons à l'aide de nos sens). Une affirmation doit donc être soutenue par des **preuves**. Les preuves sont des données qui sont pertinentes à l'affirmation, par exemple des résultats d'expériences ou des statistiques. En science nous utilisons souvent comme preuves les sources d'autorité, c'est-à-dire des gens ou des documents qui appuient l'information. Il n'est pas toujours possible pour les élèves d'obtenir des preuves de façon expérimentale, mais nous devons les encourager à évaluer toute affirmation faite par une source d'autorité.

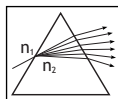
Afin de rendre la preuve plus convaincante ou plus compréhensible, elle doit être renforcée par un raisonnement qui est pertinent pour le récepteur. Cette façon d'étayer les preuves se nomme **raisonnement à l'appui de la preuve**.

B) Inviter les élèves à distinguer la portée de chacune des expressions présentées ci-dessus (affirmation, preuves, raisonnement à l'appui de la preuve) en répondant aux questions suivantes :

- *De quoi est formé un atome? (Répondez à cette question en formulant une affirmation.)*
- *Sur quelles preuves basez-vous votre réponse?*
- *Comment expliqueriez-vous votre modèle de l'atome à un ami?*

La plupart des manuels en sciences de la nature comprennent de nombreuses affirmations sans fournir de preuve pour les soutenir. Le lecteur est censé accepter les connaissances sans les questionner. Cela nuit au développement du scepticisme chez l'élève.

C) Expliquer aux élèves qu'il est important d'évaluer de façon critique toute affirmation qui leur est présentée en se posant des questions telles que :



S3P-0-4f valoriser l'ouverture d'esprit, le scepticisme, l'honnêteté, l'exactitude, la précision et la persévérance en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques.
RAG : C5

- *Qui présente cette affirmation?*
- *Est-ce que cette personne a assez d'expérience dans le domaine pour présenter une telle affirmation?*
- *Est-ce que les preuves peuvent être vérifiées?*
- *Sont-elles suffisantes pour appuyer l'affirmation?*
- *La personne qui présente l'affirmation en tire-t-elle un quelconque avantage?*

D) Diviser la classe en petits groupes et inviter les élèves à choisir une annonce publicitaire ou un publiereportage qui présente une affirmation. Demander à chaque groupe de relever l'affirmation, les preuves et le raisonnement servant à les appuyer. Inviter les élèves à évaluer de façon critique la publicité à l'aide des questions présentées à l'étape précédente. Discuter ensuite des questions suivantes avec les élèves :

- *De quels genres de preuves auriez-vous besoin pour accepter une affirmation?*
- *Y a-t-il des expériences ou des données qui permettraient de vérifier une affirmation faite dans une annonce publicitaire ou un publiereportage que vous avez étudiés?*

En fin

1
Inviter les élèves à relever des affirmations, des preuves et des raisonnements présentés dans des publicités ou dans des procès juridiques.

OU

2
Discuter des questions suivantes avec les élèves :

- *Pourquoi certaines affirmations sont-elles plus crédibles que d'autres?*
- *Pourquoi certaines personnes énonçant des affirmations ont-elles plus d'autorité que d'autres?*
- *Qu'est-ce qui fait que certaines preuves sont plus crédibles que d'autres?*

Stratégies d'évaluation suggérées

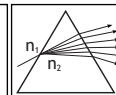
1
Inviter les élèves à inventer des saynètes dans lesquelles le raisonnement scientifique est employé pour questionner une affirmation. Les exemples qui suivent peuvent servir de guide aux élèves :

- *Votre amie vous dit que l'échinacée offre une protection contre le rhume.*
- *Votre père vous assure que le Super Citron nettoie mieux les vêtements que tout autre savon à lessive.*
- *Votre tante déclare qu'une femme enceinte qui porte son bébé très haut va certainement avoir un garçon.*

2
Choisir un paragraphe d'un manuel scientifique au sujet d'un thème bien compris par les élèves. Inviter les élèves à relever une affirmation ainsi que la preuve et le raisonnement qui la soutient, s'il y en a. S'il n'y en a pas, inviter les élèves à fournir une preuve et à élaborer un raisonnement à l'appui de la preuve pour enseigner à un ami le concept *affirmation-preuve-raisonnement*.

3
Inviter les élèves à réfléchir sur les questions ci-dessous dans leur carnet scientifique :

- *Comment l'invention du microscope a-t-elle fait évoluer notre compréhension de la vie?*
- *En quoi le scepticisme est-il essentiel pour l'évolution des connaissances scientifiques?*



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc D
**La nature des théories
scientifiques**

L'élève sera apte à :

S3P-2-04 souligner la nature provisoire des théories scientifiques, entre autres les théories spéculatives et les théories robustes;
RAG : A2

S3P-2-05 décrire les caractéristiques d'une bonne théorie, entre autres la précision, la simplicité et le pouvoir explicatif;
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à faire une révision de l'évolution des modèles atomiques en complétant la feuille de l'annexe 11 et en vérifiant leur travail au moyen de l'annexe 12. Préciser que ces modèles scientifiques s'inscrivent dans le cadre de la théorie de l'atome et souligner la nature provisoire de celle-ci.

En quête

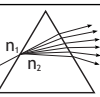
❶

Présenter les termes *théorie spéculative* et *théorie robuste* ainsi que les critères d'évaluation d'une théorie (voir l'annexe 13). Inviter les élèves à évaluer la théorie actuelle de l'atome au moyen d'un tableau comme le suivant.

| Précision | Simplicité | Pouvoir explicatif |
|-----------|------------|--------------------|
| | | |

Réponses possibles :

| Précision | Simplicité | Pouvoir explicatif |
|--|---|---|
| La théorie explique la formation de liaisons chimiques, le comportement des éléments lors des réactions chimiques, les isotopes, le spectre d'émission caractéristique de chaque élément, etc. | Le concept d'énergie est expliqué en fonction de particules telles que les atomes et les molécules. | La théorie dérive des anciens modèles atomiques et est en accord avec les théories couramment acceptées telles que la théorie de la relativité. La théorie permet d'expliquer de nouvelles découvertes telles que les quarks. |



En fin

❶

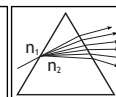
Inviter les élèves à expliquer, dans leur carnet scientifique, l'importance des critères d'évaluation d'une théorie.

S3P-0-1c rattacher l'historique des idées scientifiques et de la technologie à la forme et à la fonction du savoir scientifique actuel;
RAG : B1

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'évaluation suggérées

- ❶ Inviter les élèves à employer les critères d'évaluation d'une théorie pour évaluer les modèles atomiques de Thomson et de Bohr-Rutherford.
- ❷ Inviter les élèves à établir la différence entre une théorie spéculative et une théorie robuste au moyen d'un cadre de rapports entre concepts (voir *L'enseignement des sciences de la nature*, p. 11.20-11.22 et 11.35).
- ❸ Inviter les élèves à répondre à la question suivante :
 - *Comment l'expérience de Rutherford a-t-elle fait évoluer notre compréhension de la structure de l'atome?*



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc E
**Les modèles de la
lumière – un aperçu**

L'élève sera apte à :

S3P-2-06 résumer plusieurs modèles historiques de la nature de la lumière, entre autres le modèle tactile, émissif, corpusculaire et ondulatoire;
RAG : A2

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Mener une discussion sur les questions suivantes :

- *Si vous étiez dans une salle complètement noire, verriez-vous quelque chose? Pourquoi ou pourquoi pas?*
- *Quel est le rôle de la lumière dans la vue? (La lumière se réfléchit sur la surface des objets. L'œil perçoit le reflet de la lumière.)*
- *Comment fonctionne une caméra infrarouge? (L'appareil permet de visualiser les objets qui émettent des ondes infrarouges, c'est-à-dire de la chaleur.)*

En quête

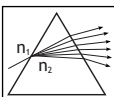
❶

Inviter les élèves à compléter le cadre de notes présenté à l'annexe 14. Le guide pour l'enseignant figure à l'annexe 15.

En fin

❶

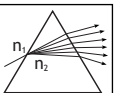
Inviter les élèves à formuler des questions à partir du cadre de notes.



Stratégies d'évaluation suggérées



Inviter les élèves à faire un test construit à partir des questions qu'ils ont composées dans la section « En fin ».



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc F Le modèle corpusculaire de la lumière

L'élève sera apte à :

S3P-2-07 résumer les premières observations à l'appui du modèle corpusculaire de la lumière de Newton, entre autres la propagation, la réflexion, la réfraction et la dispersion;
RAG : A2, C2

S3P-2-08 mener une expérience pour démontrer que, d'après le modèle corpusculaire, la lumière se propage plus rapidement dans un milieu plus réfringent que dans un milieu moins réfringent ($v_r > v_i$);
RAG : A2, C2

Stratégies d'enseignement suggérées

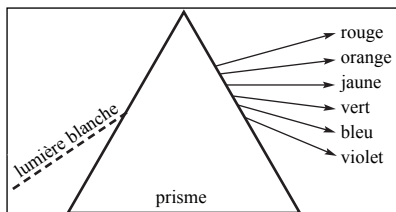
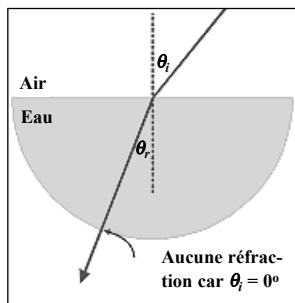
STRATÉGIE N° 1

En tête

1

Inviter les élèves à faire des centres d'expérimentation ou à observer des démonstrations pour étudier :

- la propagation rectiligne, par exemple faire passer un faisceau lumineux à travers un nuage de poussière de craie;
- la réflexion, par exemple mesurer les angles d'incidence et de réflexion en utilisant un miroir (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 387) ou enregistrer à l'aide d'un caméscope une balle de billard qui rebondit sur le rebord d'une table de billard, et mesurer les angles d'incidence et de réflexion;
- la réfraction, par exemple placer une paille dans un verre et l'observer de divers angles ou placer un cent sous un verre d'eau et l'observer de divers angles (la paille semble brisée alors que le cent semble disparaître) ou mesurer la réfraction de la lumière dans l'eau à l'aide d'une boîte à fromage et des épingles ou une boîte à rayons (voir *Physique II*, p. 397);
- la dispersion, par exemple observer le spectre créé par le passage d'un faisceau de lumière à travers un prisme.



En sciences de la nature, on emploie des modèles pour faire des prédictions quant au comportement de phénomènes naturels. Si les prédictions sont exactes, les scientifiques acceptent le modèle comme étant une représentation valable du monde naturel. Si le modèle ne réussit pas à expliquer certains comportements, on le modifie ou bien on le remplace par un nouveau modèle. Lors de l'évolution des connaissances scientifiques, il a souvent existé des modèles contradictoires. Les modèles tentant d'expliquer la nature de la lumière en sont un exemple classique.

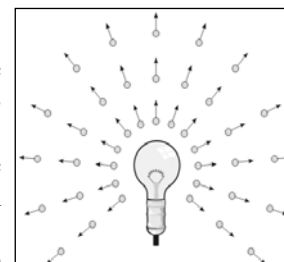
En quête

1

Présenter aux élèves les arguments de Newton en faveur de son modèle corpusculaire de la lumière :

Propagation rectiligne

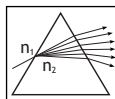
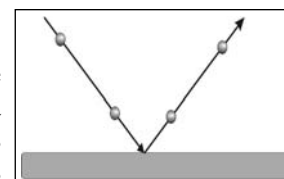
Newton a utilisé l'analogie d'une balle pour expliquer le mouvement rectiligne de la lumière. Quand on lance une balle, elle décrit un trajet parabolique en raison de l'effet de gravité. Comment la lancer pour qu'elle décrive un trajet rectiligne? Il faut la lancer très rapidement. De cette analogie, Newton a raisonné que la lumière est formée de particules qui se déplacent à haute vitesse.



Plus tard, on a observé que la lumière est attirée par les trous noirs dont l'intensité du champ gravitationnel est extrêmement élevée, suggérant ainsi que les particules ont quand même une certaine masse.

Réflexion

Newton a démontré que dans une collision élastique telle que la collision d'une balle de billards contre le rebord de la table, les lois de la réflexion peuvent se déduire des lois du mouvement. (Il serait opportun en ce moment de faire une révision des composantes des vecteurs.)



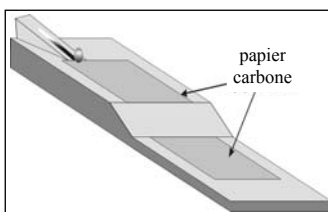
S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques;
RAG : A2

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées;
RAG : A1, A2

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables.
RAG : C3, C8

Réfraction

Newton a expliqué la réfraction en comparant le mouvement des particules de lumière au mouvement d'une bille qui descend diagonalement deux plans inclinés, le second étant plus incliné que le premier. En passant du premier plan incliné au second, la bille accélère et s'incurve vers la normale (son trajet est moins diagonal). Inviter les élèves à reproduire cette expérience simple (voir l'annexe 16). En se basant sur une expérience semblable, Newton a conclu que les particules de lumière accélèrent en passant de l'air à l'eau. Donc une expérience permettant de mesurer la vitesse de la lumière permettrait d'appuyer ou de réfuter son modèle. Une expérience de ce genre s'appelle une **expérience critique**.



Dispersion

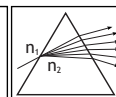
Newton a expliqué la dispersion en supposant que les particules les plus réfractées (les particules violettes) avaient une masse moins élevée que les particules les moins réfractées (les particules rouges). Cette explication est conforme à la loi de la conservation de la quantité de mouvement.

En fin

Inviter les élèves à remplir les cases appropriées d'un tableau récapitulatif pour résumer les arguments en faveur de la théorie corpusculaire de Newton (voir l'annexe 17). Les élèves rempliront les autres cases au fur et à mesure que les concepts seront abordés.

Stratégies d'évaluation suggérées

- 1 Ramasser le rapport d'expérience des élèves afin d'évaluer la capacité à interpréter des régularités et des tendances dans les données.
- 2 Inviter les élèves à rédiger une demande de subvention de la part de Newton sollicitant des fonds pour ses recherches en présentant ses résultats jusqu'à date.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc G
**La vitesse de la lumière –
un aperçu historique**

L'élève sera apte à :

S3P-2-09 résumer la contribution historique de Galilée, de Römer, de Huygens, de Fizeau, de Foucault et de Michelson dans les efforts déployés pour mesurer la vitesse de la lumière;
RAG : A2

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées;
RAG : A1, A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

① Inviter les élèves à concevoir une expérience pour déterminer la vitesse de la lumière. *Quels défis faut-il surmonter? Quels équipements seraient nécessaires?*

Le modèle corpusculaire de la lumière prédit que la vitesse de la lumière est moindre dans l'eau que dans l'air. Le modèle ondulatoire de la lumière prédit un comportement opposé. On voit donc la mesure de la vitesse de la lumière comme une expérience critique qui peut réfuter un des modèles.

En quête

① Inviter les élèves à mener une recherche pour relever les contributions des scientifiques suivants par rapport à la vitesse de la lumière : Galilée, Römer, Huygens, Fizeau, Foucault et Michelson. Leur fournir un cadre de recherche pour les guider dans leur travail (voir l'annexe 18), par exemple :

| | | |
|--|---|---|
| Nom : Galilée | Années de naissance et de mort : 1564 – 1642 | Nationalité : Italienne |
| Méthode : Galilée et son aide se sont placés sur des collines distantes d'environ 1 km. Lorsque l'aide voyait la lumière de la lanterne de Galilée, il devait le signaler en allumant sa lanterne. | Observations : Le temps de réaction était trop long. | Inférences : Galilée a conclu que la lumière se déplaçait trop rapidement pour en calculer la vitesse de cette manière. |
| Valeur : Galilée n'a pas déterminé de valeur. | Calcul du pourcentage d'erreur par rapport à la valeur couramment acceptée : Galilée n'a pas déterminé de valeur. | Fait intéressant : La légende veut que Galilée ait laissé tomber des objets de masse différentes de la tour de Pise. Bien qu'il soit fort possible que Galilée ait entrepris des expériences de ce genre, Simon Stevinus (1548-1620) semble être le premier à l'avoir fait. |

OU

②

Diviser les élèves en groupes d'experts selon la stratégie Jigsaw en assignant à chaque groupe l'un des scientifiques ci-dessus (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.21). Après la recherche, placer les élèves en groupes hétérogènes pour partager leurs nouvelles connaissances et se renseigner quant aux autres scientifiques.

En fin

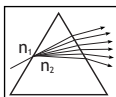
①

Inviter les élèves à dresser sur une ligne du temps, individuellement ou collectivement, les connaissances liées à la lumière. La ligne du temps pourrait comprendre des images pertinentes et inclure tous les philosophes et scientifiques étudiés depuis le début de l'unité. On peut en ajouter d'autres plus tard dans l'unité.

OU

②

Inviter les élèves à formuler des questions (ainsi que les réponses) au sujet des contributions des scientifiques par rapport à la vitesse de la lumière.



S3P-0-2i sélectionner et intégrer de l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines;
RAG : C6, C8

S3P-0-3b décrire des exemples d'évolution de la technologie à la suite de progrès dans le savoir scientifique, et des exemples d'évolution du savoir scientifique résultant d'innovations technologiques;
RAG : A2, B2

S3P-0-4b travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux.
RAG : C7

Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Évaluer le projet de recherche en se basant sur une rubrique créée avec les élèves :

- *Quels critères faut-il respecter pour bien réussir ce projet?*
- *Quels éléments le projet devrait-il inclure?*
- *De quelle longueur devrait-il être? De quel format?*

❷

Pour assurer la compréhension de tous les membres du groupe lors du travail de groupes d'experts, inviter chaque expert à poser des questions de révision aux autres membres et, au besoin, à reprendre l'explication.

❸

Inviter les élèves à évaluer les présentations des autres membres de leur groupe hétérogène. Établir les critères d'évaluation auparavant avec les élèves.

❹

Inviter les élèves à compléter une autoévaluation de leur travail de groupe (voir l'annexe 19).

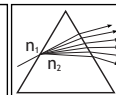
❺

Créer un test à partir des questions élaborées dans la section « En fin ».

❻

Inviter les élèves à répondre à la question suivante :

- *À l'aide d'exemples, décrivez comment le progrès technologique a fini par permettre une mesure exacte de la vitesse de la lumière.*



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc H
**Problèmes relatifs au
modèle corpusculaire**

L'élève sera apte à :

S3P-2-10 décrire des phénomènes qui sont en contradiction avec le modèle corpusculaire de la lumière, entre autres la diffraction, la réflexion et la réfraction partielles de la lumière;
RAG : A2

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Inviter les élèves à faire des centres d'expérimentation pour étudier :

- la diffraction, par exemple regarder la lumière à travers de la mince fente créée par le rapprochement de deux doigts (on observe des bandes noires parallèles aux doigts – un jeu d'interférence résultant de la diffraction);
- la réflexion et la réfraction partielles, par exemple faire passer un faisceau lumineux provenant d'une boîte à rayons à travers un bloc de lucite hémisphérique en faisant varier l'angle d'incidence et en observant les rayons incident, réfléchi et réfracté (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 436).

En quête



Présenter aux élèves les arguments de Newton pour expliquer les phénomènes de diffraction et de réflexion et réfraction partielles.

La diffraction

Newton a expliqué que la déviation de la lumière résultait d'interactions et de collisions entre les particules de lumière et les bords de la fente. Cette explication est insuffisante car les bandes sombres et claires issues de la diffraction sont trop régulières pour découler de collisions plutôt aléatoires.

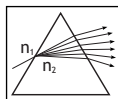
La réflexion et la réfraction partielles

Newton a expliqué cette propriété de la lumière en proposant la théorie des accès selon laquelle les particules de lumière arrivant à la frontière de deux milieux passaient soit par des accès de réflexion facile ou des accès de réfraction facile. Même Newton a avoué que cette explication était insuffisante.

En fin



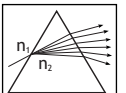
Inviter les élèves à remplir le tableau récapitulatif pour résumer les arguments contre le modèle corpusculaire de Newton (voir l'annexe 17).



Stratégies d'évaluation suggérées



Inviter les élèves à rédiger une lettre de la part du comité de subventions pour rejeter la demande soumise par Newton en expliquant les problèmes relatifs à la recherche.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc I
**Le modèle ondulatoire
de la lumière**

L'élève sera apte à :

S3P-2-11 souligner les preuves qui appuient le modèle ondulatoire de la lumière, entre autres la propagation, la réflexion, la réfraction, la réflexion et la réfraction partielles, la diffraction et la dispersion;
RAG : A2

S3P-2-12 comparer les prévisions du modèle ondulatoire avec celles du modèle corpusculaire en ce qui concerne la vitesse de la lumière dans un milieu de réfraction;
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

1 En utilisant un bac à ondes (ou des diagrammes), faire un retour sur les propriétés des ondes, notamment la réflexion, la réfraction, la réflexion et la réfraction partielles et la diffraction. Inviter les élèves à dresser un tableau de comparaison des propriétés des vagues d'eau et de la lumière (voir les annexes 20 et 21).

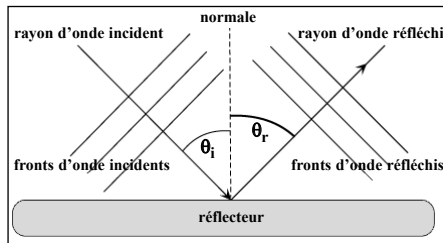
Cette stratégie d'enseignement exige une connaissance préalable des ondes.

En quête

1 Présenter aux élèves les arguments favorisant le modèle ondulatoire de la lumière.

Réflexion

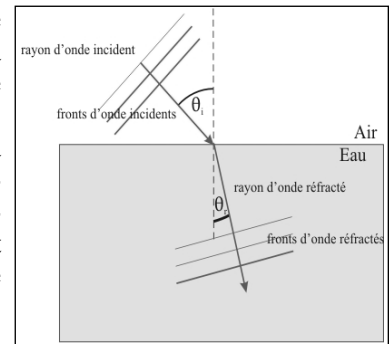
Les ondes et la lumière obéissent aux lois de la réflexion. L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion.



Réfraction

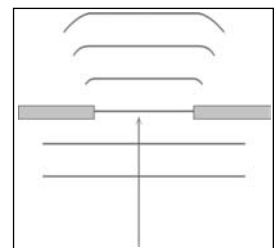
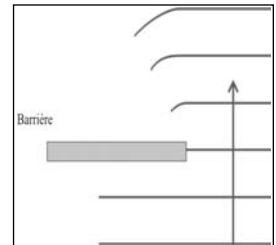
En passant de l'air à l'eau, la lumière dévie vers la normale. Huygens a expliqué cette déviation en proposant que la vitesse diminue en fonction de la densité plus élevée. Cette explication va à l'encontre de celle de Newton.

À l'époque, on ne pouvait déterminer la vitesse de la lumière autre que dans le vide. Cependant, Foucault a fait l'expérience critique, rejetant la prédiction de Newton et favorisant celle de Huygens.



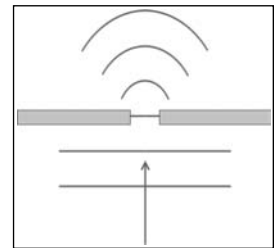
Réflexion et réfraction partielles

Quand on fait varier l'angle d'incidence d'une onde ou d'un rayon lumineux qui passe d'un milieu à un autre, une partie de l'onde ou du rayon est réfléchi et l'autre est réfractée. Dans le cas particulier où l'onde ou le rayon lumineux passe d'un milieu lent à un milieu rapide, il existe un angle critique à partir duquel toute l'onde ou tout le rayon est réfléchi. Ce phénomène s'appelle la réflexion totale interne.



Diffraction

Lorsqu'une onde passe à travers deux fentes minces, une figure d'interférence constructive et destructive se produit. Une figure d'interférence semblable se produit avec la lumière. À l'époque de Newton et de Huygens, on n'avait pas observé cette interférence pour la lumière car on ne réalisait pas combien petite était la longueur d'onde de la lumière.



S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Dispersion

Lorsque la lumière blanche traverse un prisme, on voit un arc-en-ciel de l'autre côté. Les défenseurs de la théorie ondulatoire ont expliqué ce phénomène en proposant que la lumière blanche est formée de plusieurs composantes (couleurs) qui ont des longueurs d'onde différentes. Chaque longueur d'onde se fait réfracter à un angle différent.

En fin

1 Inviter les élèves à rédiger un article que Newton aurait soumis à une revue scientifique vulgarisée (telle que *Science et vie*, *Géo* ou *Discover*) pour expliquer en quoi son modèle est supérieur au modèle ondulatoire en ce qui concerne le comportement de la lumière. Inviter les élèves à rédiger également la réplique que Huygens aurait formulée pour défendre son modèle.

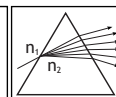
Stratégies d'évaluation suggérées

1 Inviter les élèves à rédiger une série de lettres entre Newton et Huygens dans lesquelles chacun fait valoir son modèle. À titre d'information, le livre *Newton et la mécanique céleste* présente plusieurs extraits de correspondance entre Newton et Hooke (un collaborateur de Huygens).

2 Inviter les élèves à évaluer chaque modèle selon la capacité d'expliquer le comportement de la lumière (voir l'annexe 22). Discuter de l'évaluation des deux modèles de la lumière et amener les élèves à réévaluer les modèles en utilisant les critères d'évaluation d'une théorie.

Puisque le modèle est une partie intégrante d'une théorie, il est possible d'utiliser les critères d'évaluation de théories pour évaluer des modèles.

- Précision : Les deux modèles permettent de prédire plusieurs propriétés de la lumière.
- Simplicité : Le modèle ondulatoire est très simple car il explique les propriétés de la lumière selon des mécanismes déjà connus pour les vagues d'eau et les ondes sonores. Le modèle corpusculaire est moins simple car il est fondé sur les forces gravitationnelles pour expliquer la diffraction et sur la théorie des accès pour expliquer la réflexion et la réfraction partielles.
- Pouvoir explicatif : En prédisant que la lumière accélère en passant de l'air à l'eau, le modèle corpusculaire n'est pas conforme aux observations de la vitesse de la lumière de Foucault, à la différence du modèle ondulatoire.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc J **L'établissement de la lumière comme une onde**

L'élève sera apte à :

S3P-2-13 tracer un diagramme de la figure d'interférence obtenue lorsqu'un faisceau de lumière passe à travers une double fente;
RAG : C2

S3P-2-14 effectuer l'expérience de Young sur la diffraction de la lumière par une double fente pour calculer la longueur d'onde de la lumière,
entre autres $\lambda = \frac{\Delta xd}{L}$;
RAG : C2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Réviser l'analyse mathématique de l'interférence de deux sources ponctuelles abordée lors de l'étude des ondes (voir *Regroupement 1 : Les ondes*, Bloc L – Interférence des ondes à deux dimensions).

En quête



Présenter l'expérience de Young et dériver l'équation mettant en relation la longueur d'onde et l'existence de lignes nodales (voir *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 524-531, ou *Physique 12*, p. 484-485). Amener les élèves à associer les variables de l'équation aux éléments de l'expérience.

Inviter les élèves à effectuer l'expérience de Young pour déterminer la longueur d'onde de la lumière transmise en différentes couleurs (voir *Physique 12*, p. 484-485, ou *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 561-563).

Expliquer en quoi l'expérience de Young constitue une expérience critique en faveur du modèle ondulatoire de la lumière. Présenter la contribution de Maxwell (voir l'encadré).

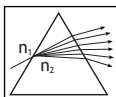
Même si l'expérience de Young a plus ou moins établi que la lumière consistait en ondes, on ignorait encore leur composition exacte jusqu'à ce que **James Clerk Maxwell** (écossais, 1831-1879) propose la théorie électromagnétique de la lumière en 1864. Selon cette théorie, la lumière est une onde transversale engendrée par l'interaction de deux champs perpendiculaires, l'un électrique, l'autre magnétique.

En fin



Inviter les élèves à réfléchir sur les connaissances scientifiques qui évoluent à la lumière de nouvelles données.

- *Comment l'expérience de Young a-t-elle permis l'avancement des connaissances scientifiques au sujet de la nature de la lumière?*
- *Pouvez-vous donner d'autres exemples de connaissances scientifiques qui ont évolué à la lumière de nouvelles données?*



S3P-2-15 décrire la lumière comme étant une onde électromagnétique;
RAG : C2

S3P-0-1c rattacher l'histoire des idées scientifiques et de la technologie à la forme et à la fonction du savoir scientifique actuel;
RAG : B1

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'évaluation suggérées

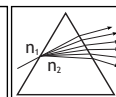
❶

Inviter les élèves à réexaminer le tableau d'évaluation effectué lors du dernier bloc d'enseignement et à l'ajuster en fonction de leurs nouvelles connaissances (voir l'annexe 22).

❷

Inviter les élèves à mener une réflexion sur l'expérience de Young dans leur carnet scientifique :

- *Pourquoi y a-t-il des bandes sombres?* (Elles résultent de l'interférence destructive.)
- *Pourquoi y a-t-il des bandes claires?* (Elles résultent de l'interférence constructive.)
- *Est-ce que la distance entre les lignes nodales serait plus grande pour la lumière rouge ($\lambda = 680 \text{ nm}$) ou la lumière bleue ($\lambda = 400 \text{ nm}$)? Pourquoi?* (La distance entre les lignes nodales serait plus grande pour la lumière rouge car $\Delta x \propto \lambda$.)
- *Qu'arriverait-il à la distance entre les lignes nodales si l'on doublait la distance entre les fentes?* (Δx diminuerait de moitié car $\Delta x \propto \frac{1}{d}$.)
- *Qu'arriverait-il à la distance entre les lignes nodales si l'on doublait la longueur entre les fentes et l'écran?* (Δx doublerait aussi car $\Delta x \propto L$.)
- *Qu'arriverait-il à la distance entre les lignes nodales si l'on se servait d'une source lumineuse plus intense?* (Il n'y aurait aucun effet sur Δx . Cependant, les zones claires seraient plus évidentes.)



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc K **L'effet photoélectrique**

L'élève sera apte à :

S3P-2-16 discuter en termes qualitatifs de l'explication donnée par Einstein de l'effet photoélectrique;
RAG : D4

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Revoir le fonctionnement de l'électroscope à feuilles avec les élèves. Ce concept a été abordé en secondaire 1.

Les élèves ont étudié l'énergie cinétique, la quantité de mouvement et la loi de la conservation de l'énergie en secondaire 2.

En quête

❶

Présenter l'effet photoélectrique au moyen d'une vidéocassette (par exemple *La dualité onde-corpuscule* de TVOntario), d'un transparent ou d'une démonstration (voir l'annexe 23). Inviter les élèves à soulever des hypothèses pour expliquer le phénomène.

Des renseignements pour l'enseignant sont présentés à l'annexe 23.

Discuter de la faiblesse du modèle ondulatoire quant à l'effet photoélectrique et de la force relative du modèle corpusculaire.

En fin

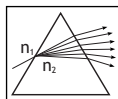
❶

Inviter les élèves à évaluer la capacité des deux modèles à expliquer l'effet photoélectrique en remplissant un tableau d'évaluation (voir l'annexe 22).

OU

❷

Inviter les élèves à construire un tableau des preuves ou une ligne de temps pour chaque modèle.



Stratégies d'évaluation suggérées

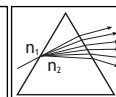
❶

Inviter les élèves à tracer un diagramme de Venn qui illustre les propriétés de la lumière qui sont bien expliquées par l'un ou l'autre des modèles ou par les deux.

❷

Inviter les élèves à analyser des phrases décrivant l'effet photoélectrique (voir l'annexe 24). Voici des réponses possibles :

1. Vrai, parce que la libération d'électrons résulte de collisions de particules, soit les photons et les électrons.
2. Faux. Un photon est un paquet d'énergie.
3. Vrai, parce que $E \propto f$.
4. Faux. Une partie de l'énergie est requise pour libérer les électrons.
5. Faux. Il faut une source lumineuse ayant une certaine fréquence minimale.
6. Faux. Il faut avoir une source lumineuse ayant une certaine fréquence minimale.
7. Vrai. Selon le modèle ondulatoire, tous les électrons seraient libérés en même temps car ils absorberaient l'énergie graduellement.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc L
**Le principe de
complémentarité**

L'élève sera apte à :

S3P-2-17 examiner les modèles
ondulatoire et
corpusculaire de la
lumière en faisant ressortir
le point de vue actuel,
entre autres le principe de
complémentarité;
RAG : A2, C8

S3P-0-1a expliquer le rôle que
jouent les théories, les
données et les modèles
dans l'élaboration de
connaissances
scientifiques;
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées


STRATÉGIE N° 1

En tête

❶


Inviter les élèves à réviser les expériences critiques identifiées dans ce regroupement (Blocs G, J et K). Poser la question suivante :

- *Peut-il y avoir une expérience critique qui élimine complètement une théorie et en prouve une autre?* (À partir des contradictions observées, les élèves devraient arriver à la conclusion qu'une expérience critique n'existe pas.)

 L'annexe 25 présente des renseignements pour l'enseignant à ce sujet.



En quête

❶

Inviter les élèves à revoir  l'annexe 22 et à déterminer dans quelles situations la lumière agit comme une onde et dans quelles situations elle agit comme une particule.


En fin

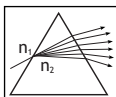
❶

Inviter les élèves à compléter un mot mystère pour revoir le vocabulaire lié à la nature des sciences et aux modèles d'explication de la lumière ( voir l'annexe 26). Le corrigé figure à  l'annexe 27.

OU

❷

Inviter les élèves à dresser des organigrammes ou des cartes conceptuelles pour consolider leur compréhension du vocabulaire lié à la nature des sciences et aux modèles d'explication de la lumière.  L'annexe 17 présente une liste non exhaustive des termes à l'étude.



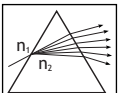
S3P-0-1c rattacher l'historique des idées scientifiques et de la technologie à la forme et à la fonction du savoir scientifique actuel;
RAG : B1

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'évaluation suggérées

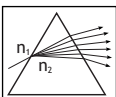


Inviter les élèves à faire un sommaire de la nature de la lumière en rédigeant un livre pour enfants, un conte, une affiche ou un article de revue. Le sommaire devrait décrire les situations dans lesquelles la lumière agit comme une onde et les situations dans lesquelles elle agit comme une particule. Le sommaire devrait également faire mention du principe de complémentarité.



LISTE DES ANNEXES

| | |
|--|------|
| Annexe 1 : Modèles, lois et théories scientifiques | 2.41 |
| Annexe 2 : Les boîtes noires – Renseignements pour l'enseignant | 2.42 |
| Annexe 3 : Les aveugles et l'éléphant | 2.44 |
| Annexe 4 : L'interpolation et l'extrapolation – Renseignements pour l'enseignant | 2.45 |
| Annexe 5 : La précision des mesures – Renseignements pour l'enseignant | 2.46 |
| Annexe 6 : Rapport d'expérience – Le rebondissement d'une balle..... | 2.48 |
| Annexe 7 : Rapport d'expérience – La longueur d'une ombre | 2.50 |
| Annexe 8 : Étapes de l'étude scientifique | 2.51 |
| Annexe 9 : Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience | 2.52 |
| Annexe 10 : Exercice – L'analyse de données | 2.53 |
| Annexe 11 : L'évolution des modèles atomiques – Activation des connaissances antérieures..... | 2.55 |
| Annexe 12 : L'évolution des modèles atomiques – Corrigé | 2.57 |
| Annexe 13 : La nature des théories scientifiques – Renseignements pour l'enseignant | 2.60 |
| Annexe 14 : Cadre de notes – Les modèles historiques de la lumière | 2.62 |
| Annexe 15 : Cadre de notes – Corrigé | 2.63 |
| Annexe 16 : Expérience de Newton sur la réfraction | 2.64 |
| Annexe 17 : Tableau sommaire des théories de la lumière | 2.65 |
| Annexe 18 : Cadre de recherche – La vitesse de la lumière | 2.66 |
| Annexe 19 : Autoévaluation de la technique « Jigsaw » | 2.67 |
| Annexe 20 : Tableau de comparaison – Les propriétés des vagues d'eau et les propriétés de la lumière..... | 2.68 |
| Annexe 21 : Tableau de comparaison (Réponses possibles) | 2.69 |
| Annexe 22 : Évaluation des modèles décrivant la nature de la lumière | 2.70 |
| Annexe 23 : L'Effet photoélectrique – Renseignements pour l'enseignant..... | 2.71 |
| Annexe 24 : Test – L'effet photoélectrique | 2.73 |
| Annexe 25 : Le principe de complémentarité – Renseignements pour l'enseignant | 2.74 |
| Annexe 26 : Mot mystère – La nature de la lumière | 2.75 |
| Annexe 27 : Mot mystère – Corrigé | 2.76 |



ANNEXE 1 : Modèles, lois et théories scientifiques

Nom : _____

Date : _____

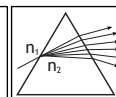
Les sciences sont plus qu'une simple collection de faits et d'observations. Elles comprennent des modèles, des lois, des théories et des preuves qui jouent un rôle important dans notre compréhension de la nature.

Un **modèle scientifique** est une représentation conceptuelle (une illustration) qui décrit et aide à expliquer un phénomène. Un modèle peut être physique (quelque chose de tangible), imaginé (une idée) ou mathématique (des chiffres et des formules). Un bon exemple de modèle scientifique serait le modèle du système solaire. Le modèle géocentrique suppose que la Terre est au centre de l'Univers et que plusieurs sphères sont en orbite circulaire autour de la Terre. Le modèle héliocentrique suppose que plusieurs sphères voyagent autour du Soleil. En sciences de la nature, on emploie des modèles pour faire des prédictions quant au comportement de phénomènes naturels. Par exemple, les modèles géocentrique et héliocentrique permettent de faire des prédictions quant à la position et au mouvement des astres. Si les prédictions sont exactes, les scientifiques acceptent le modèle comme étant une représentation valable du monde naturel. Si le modèle ne réussit pas à expliquer certains comportements, on le modifie ou bien on le remplace. Tandis que le modèle géocentrique ne permet pas d'expliquer adéquatement le phénomène de mouvement rétrograde des planètes, le modèle héliocentrique permet de le faire.

Les observations peuvent aider à évaluer des modèles. Par elles, on peut déceler dans la nature des régularités, appelées **lois scientifiques**. Une loi très simple pourrait être exprimée ainsi : « Ce qui monte finit par redescendre ». Les lois sont souvent représentées par des relations mathématiques (deuxième loi de Newton, loi de Snell, loi d'Ohm). Contrairement à la croyance populaire, les lois ne sont pas absolues, mais souvent limitées à certaines conditions. Par exemple, la loi d'Ohm est seulement valide pour certains matériaux.

Une **théorie scientifique** recueille des prémisses, des lois et des modèles pour formuler une explication compréhensive d'un phénomène. Par exemple, la théorie géocentrique a comme prémisses que la Terre ne peut pas se déplacer. Elle comprend des lois (calculs mathématiques de géométrie) afin d'expliquer la position et le mouvement des astres. Elle comprend aussi un modèle (sphères en orbites circulaires autour de la Terre). La théorie héliocentrique de Kepler a comme prémisses que la Terre peut se déplacer. Elle comprend des lois (lois de Kepler) permettant d'expliquer la position et le mouvement des astres. Elle comprend aussi un modèle (sphères en orbites elliptiques autour du Soleil).

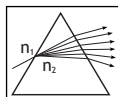
L'emploi des termes *modèle* et *théorie* ne fait pas l'objet de consensus dans la communauté scientifique. Bien que plusieurs manuels scientifiques les emploient de façon interchangeable, les deux termes sont bien distincts et il faut préciser les différences entre eux. Le modèle est une partie intégrante d'une théorie, mais la théorie englobe aussi des prémisses et des lois. La notion de théorie est donc plus large.



ANNEXE 2 : Les boîtes noires – Renseignements pour l'enseignant

Une **boîte noire** est un contenant qui renferme un objet inconnu. Les élèves suivent une série d'étapes pour élaborer un modèle. Dans le tableau ci-dessous, les exemples en italique font référence à une boîte noire renfermant un cylindre et une bille.

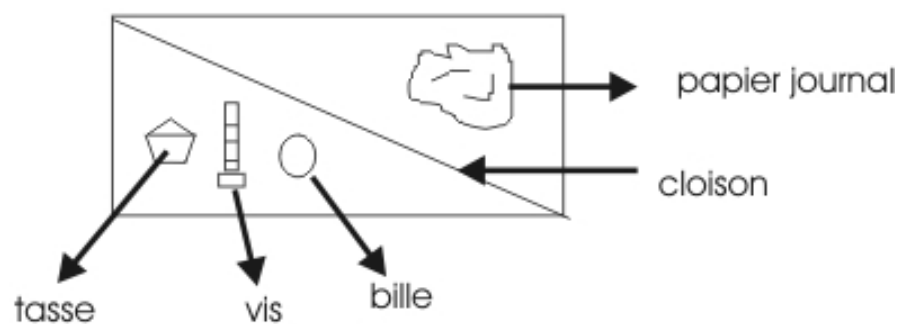
| Étape | Exemple |
|---|---|
| Faire des observations qualitatives ou quantitatives. | Le mouvement de l'objet dans le contenant, les sons qu'il fait, sa masse, s'il est magnétique ou non. <i>Quand on incline la boîte, on entend deux objets frapper les parois. Un des objets semble pouvoir rouler dans tous les sens alors que l'autre glisse dans un sens et roule dans l'autre. Quand les deux objets se frappent, on entend un tintement.</i> |
| Faire des déductions en interprétant les observations. | À partir du mouvement de l'objet, on pourrait déduire sa forme, sa composition ou sa taille relative au contenant. <i>En se basant sur les observations, on déduit que la boîte renferme un objet sphérique et un objet cylindrique. Le tintement suggère que les deux objets sont métalliques.</i> |
| Établir une loi à partir des régularités observées. | <i>Quand on incline le côté gauche du contenant, les deux objets se mettent à rouler. Quand on incline le haut du contenant, un objet roule tandis que l'autre glisse.</i> <i>Cette loi qualitative simple comporte des contraintes, à savoir la manière d'incliner la boîte.</i> |
| Se faire un modèle en construisant une image de l'objet à partir des inférences et des lois. | <i>La boîte renferme deux objets métalliques, l'un sphérique, l'autre cylindrique.</i> |
| Faire des prédictions basées sur le modèle. | <i>Si l'on plaçait un cylindre métallique et une bille métallique dans une autre boîte, ils devraient se comporter de façon semblable.</i> |
| Vérifier le modèle en menant des tests . | |



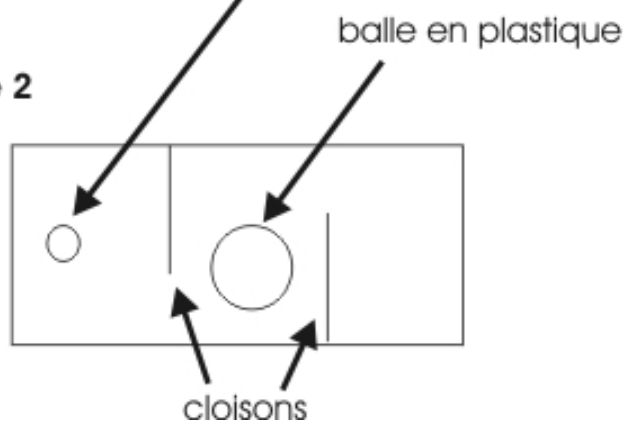
ANNEXE 2 : Les boîtes noires – Renseignements pour l'enseignant (suite)

On peut se procurer les boîtes noires chez les distributeurs de matériel scientifique ou on peut les fabriquer à partir de matériaux peu dispendieux (voir les exemples ci-dessous).

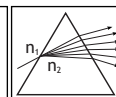
exemple 1



exemple 2



Pour d'autres exemples, consulter *La chimie : Toute une expérience!*, p. 74-77.



ANNEXE 3 : Les aveugles et l'éléphant

Nom : _____

Date : _____

Six hommes d'Hindoustan, très enclins à parfaire leurs connaissances, allèrent voir un éléphant (bien que tous fussent aveugles) afin que chacun, en l'observant, puisse satisfaire sa curiosité.

Le premier s'approcha de l'éléphant et perdant pied, alla buter contre son flanc large et robuste. Il s'exclama aussitôt : « Mon Dieu ! Mais l'éléphant ressemble beaucoup à un mur ! »

Le second, palpant une défense, s'écria : « Ho ! qu'est-ce que cet objet si rond, si lisse et si pointu ? Il ne fait aucun doute que cet éléphant extraordinaire ressemble beaucoup à une lance ! »

Le troisième s'avança vers l'éléphant et, saisissant par inadvertance la trompe qui se tortillait, s'écria sans hésitation : « Je vois que l'éléphant ressemble beaucoup à un serpent ! »

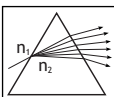
Le quatrième, de sa main fébrile, se mit à palper le genou. « De toute évidence, dit-il, cet animal fabuleux ressemble à un arbre ! »

Le cinquième toucha par hasard à l'oreille et dit : « Même le plus aveugle des hommes peut dire à quoi ressemble le plus l'éléphant ; nul ne peut me prouver le contraire, ce magnifique éléphant ressemble à un éventail ! »

Le sixième commença tout juste à tâter l'animal, la queue qui se balançait lui tomba dans la main. « Je vois, dit-il, que l'éléphant ressemble beaucoup à une corde ! »

Ainsi, ces hommes d'Hindoustan discutèrent longuement, chacun faisant valoir son opinion avec force et fermeté. Même si chacun avait partiellement raison, tous étaient dans l'erreur.

John Godfrey Saxe, poète américain (1816-1887)

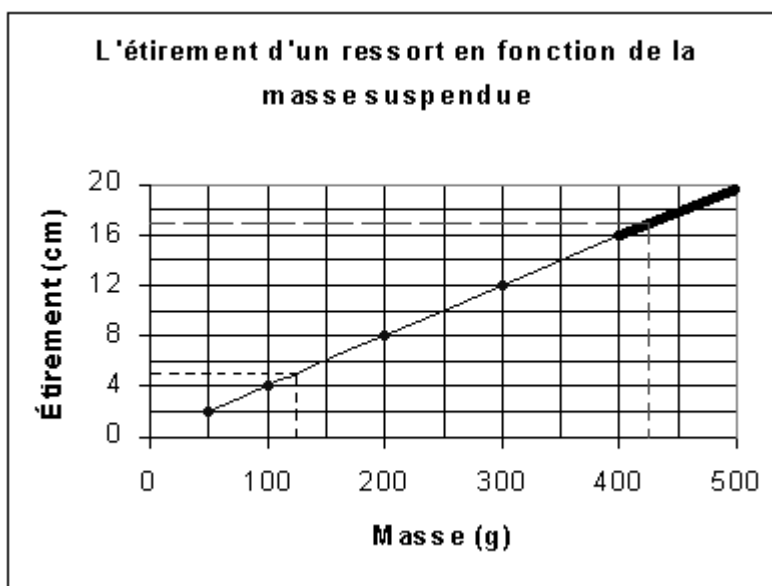


ANNEXE 4 : L'interpolation et l'extrapolation – Renseignements pour l'enseignant

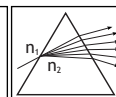
Les représentations graphiques constituent un outil très pratique. Non seulement affichent-elles visuellement la relation entre les données expérimentales, mais elles permettent également au lecteur d'inférer de nouvelles informations.

L'**interpolation** et l'**extrapolation** permettent de répondre à la question « *Quelle serait la valeur de la variable dépendante si la variable indépendante était égale à... ?* ». L'interpolation sert à déterminer des valeurs à l'intérieur de la gamme des valeurs expérimentales étudiées alors que l'extrapolation sert à déterminer des valeurs à l'extérieur de la gamme des valeurs.

Pour effectuer l'interpolation, on trace une ligne pointillée verticale depuis une certaine valeur située sur l'axe horizontal jusqu'à la courbe. Ensuite, on trace une ligne pointillée horizontale jusqu'à l'axe vertical pour déterminer la valeur recherchée. Dans l'exemple ci-dessous, on détermine par interpolation qu'un étirement d'environ 5 cm correspond à une masse de 125 g.



La technique est semblable pour l'extrapolation. Cependant, il faut d'abord prolonger la droite ou la courbe. On fait ainsi une présupposition importante, que la relation continue de la même manière. Ce n'est pourtant pas toujours le cas. Dans l'exemple ci-dessus, on détermine par extrapolation qu'un étirement d'environ 17 cm correspond à une masse de 425 g. Cependant, il se peut que le ressort ne puisse pas supporter une telle masse. L'extrapolation est toujours moins fiable que l'interpolation.



ANNEXE 5 : La précision des mesures – Renseignements pour l'enseignant

Les mesures ne sont jamais exactes. Elles comprennent toujours une certaine erreur ou une incertitude. Il existe deux principaux types d'erreur.

Erreur aléatoire

Ce type d'erreur résulte d'une variation dans les résultats autour d'une valeur moyenne. En d'autres mots, lorsqu'on répète une mesure plusieurs fois, on obtient des valeurs proches, mais qui varient. Ce type d'erreur peut être minimisé en faisant plusieurs mesures. Mais il ne peut jamais être éliminé.

Exemple

On mesure la distance entre Winnipeg et Toronto en se servant de l'odomètre dans sa voiture. On obtient une valeur de 2079,2 km. Si l'on répétait la mesure plusieurs fois en suivant le même trajet, on pourrait obtenir d'autres valeurs, disons de 2075,5 km ou de 2090,3 km, dépendant du nombre de fois qu'on a doublé ou qu'on a quitté la route.

Erreur systématique

Ce type d'erreur résulte d'un problème constant avec l'instrument de mesure, d'une technique erronée, d'un échantillon contaminé ou d'un autre problème constant. Ce type d'erreur peut être éliminé.

Exemple

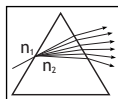
Une balance dont l'aiguille n'est pas fixée à zéro indiquera des mesures qui sont trop élevées ou trop basses. Une horloge qui perd une minute chaque journée n'indiquera jamais un intervalle de temps exact. Un élève qui mesure le volume à partir du haut du ménisque au lieu du bas du ménisque aura toujours une valeur trop élevée.

Pourcentage d'erreur

Le pourcentage d'erreur est une expression quantitative simple de l'écart entre la valeur expérimentale et la valeur théorique. Le pourcentage d'erreur est toujours exprimé comme valeur positive. La formule ci-dessous sert à le calculer :

$$\text{pourcentage d'erreur} = \left| \frac{\text{valeur expérimentale} - \text{valeur théorique}}{\text{valeur théorique}} \right| \times 100\%$$

Les lignes verticales dans la formule représentent la fonction mathématique *valeur absolue*. Cette fonction rend toujours la valeur positive du nombre à l'intérieur. Il est donc impossible d'avoir un pourcentage d'erreur négatif.



ANNEXE 5 : La précision des mesures – Renseignements pour l'enseignant (suite)

Exemple

On détermine expérimentalement que le point de fusion du naphtalène est 78,9 °C, son point de fusion théorique étant 80,2 °C. Détermine le pourcentage d'erreur sur la mesure.

$$\begin{aligned} \text{pourcentage d'erreur} &= \left| \frac{\text{valeur expérimentale} - \text{valeur théorique}}{\text{valeur théorique}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{78,9 \text{ °C} - 80,2 \text{ °C}}{80,2 \text{ °C}} \right| \times 100\% \\ &= 1,6 \% \end{aligned}$$

Précis ou exact?

Les termes *précis* et *exact* sont employés de façon interchangeable dans la langue courante. Par contre, ils ont une signification distincte en sciences de la nature.

➤ La précision se réfère au nombre de places décimales que fournit un instrument de mesure. Une balance qui mesure au dixième de gramme est moins précise qu'une balance qui mesure au centième de gramme. La précision d'une mesure est aussi reliée à d'autres facteurs. C'est pour cela qu'on devrait répéter une mesure plusieurs fois. Lorsqu'on obtient des mesures comparables, on peut dire que nos manipulations sont précises. Cependant, la précision d'une mesure ne peut pas être plus grande que la précision de nos instruments.

➤ L'exactitude se réfère plutôt à la proximité entre une valeur expérimentale et la valeur théorique. Dans l'expérience sus-mentionnée, un résultat de 3,19 serait moins exact qu'un résultat de 3,14. Il est possible d'avoir un résultat exact qui est imprécis (par exemple, un résultat de 3,1) tout comme il est possible d'avoir un résultat précis mais inexact (par exemple, un résultat de 3,1943).

Les diagrammes ci-dessous illustrent ce point :



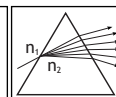
Des résultats précis mais
inexactes.



Des résultats imprécis mais
exactes.



Des résultats à la fois précis
et exacts.



ANNEXE 6 : Rapport d'expérience – Le rebondissement d'une balle

Nom : _____

Date : _____

Question

Quelle est la relation entre la hauteur initiale d'une balle et le rebondissement?

Hypothèse

1. Selon ton expérience personnelle, que crois-tu sera la relation entre les deux variables? Explique ton raisonnement.
2. Trace une esquisse du graphique que tu prévois obtenir.

Démarche

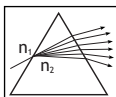
1. Quelles sont les variables indépendante et dépendante? Justifie tes réponses. (Revois ton esquisse et, au besoin, fais des changements.)
2. Nomme au moins trois variables qu'il faut garder constantes.
3. Énumère les étapes que tu penses sont nécessaires pour répondre à la question.
4. Effectue ces étapes et note tout changement nécessaire pour améliorer la clarté, l'organisation ou le design expérimental. Assure-toi que les étapes sont assez bien rédigées pour que quelqu'un d'autre puisse les suivre sans difficulté.

Observations

1. Trace un diagramme à l'échelle qui illustre le rebondissement obtenu pour des hauteurs initiales de 30, 60 et 90 cm. Les trois positions sont-elles des multiples les unes des autres? Ce tableau constitue le mode de représentation visuelle.
2. Prépare un tableau de données en t'assurant de le tracer à l'aide d'une règle, d'étiqueter les colonnes et d'indiquer les unités de mesure de chaque variable une seule fois en haut de chaque colonne. Ce tableau constitue le mode de représentation numérique.

Analyse

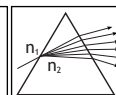
1. Dresse un graphique des données en tenant compte des critères présentés en classe. Ce graphique constitue le mode de représentation graphique.
2. Énonce la relation de proportionnalité entre les deux variables. Cette équation constitue le mode de représentation symbolique.
3. Calcule la pente du graphique en indiquant la formule employée ainsi que les unités de mesure, s'il y a lieu.
4. Énonce l'équation qui décrit la régularité observée. Inclus les unités de la pente. Cette équation constitue le mode de représentation symbolique.



ANNEXE 6 : Rapport d'expérience – Le rebondissement d'une balle (suite)

Conclusion

1. Acceptes-tu ton hypothèse initiale? Pourquoi? Si non, pourquoi pas?
2. Que signifie la pente du graphique de cette expérience?
3. Est-ce qu'une boule de quilles aurait une pente plus élevée ou moins élevée? Explique.
4. Penses-tu qu'il serait possible d'avoir une pente supérieure à 1? Pourquoi? Si non, pourquoi pas?
5. Si tu développais une balle pour un sport particulier, quels facteurs devrais-tu tenir en ligne de compte?
6. En quoi les résultats de cette expérience constituent-ils une loi scientifique?



ANNEXE 7 : Rapport d'expérience – La longueur d'une ombre

Nom : _____

Date : _____

Question

Quelle est la relation entre la hauteur d'un objet et la longueur de son ombre?

Hypothèse

1. Selon ton expérience personnelle, que crois-tu sera la relation entre les deux variables?
2. Trace une esquisse du graphique que tu prévois obtenir.

Démarche

1. Quelles sont les variables indépendante et dépendante? Justifie tes réponses (Revois ton esquisse et, au besoin, fais des changements.)
2. Nomme au moins trois variables qu'il faut garder constantes.
3. Énumère les étapes que tu penses sont nécessaires pour répondre à la question.
4. Effectue ces étapes et note tout changement nécessaire pour améliorer la clarté, l'organisation ou le design expérimental. Assure-toi que les étapes sont assez bien rédigées pour que quelqu'un d'autre puisse les suivre sans difficulté.

Observations

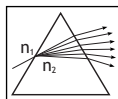
1. Trace un diagramme à l'échelle qui illustre la longueur de l'ombre pour trois tailles d'objets. Les trois positions sont-elles des multiples les unes des autres? Ce tableau constitue le mode de représentation visuelle.
2. Prépare un tableau de données en t'assurant de le tracer à l'aide d'une règle, d'étiqueter les colonnes et d'indiquer les unités de mesure de chaque variable une seule fois en haut de chaque colonne. Ce tableau constitue le mode de représentation numérique.

Analyse

1. Dresse un graphique des données en tenant compte des critères présentés en classe. Ce graphique constitue le mode de représentation graphique.
2. Énonce la relation de proportionnalité entre les deux variables. Cette équation constitue le mode de représentation symbolique.
3. Calcule la pente du graphique en indiquant la formule employée ainsi que les unités de mesure, s'il y a lieu.
4. Énonce l'équation qui décrit la régularité observée (loi). Cette équation constitue le mode de représentation symbolique.

Conclusion

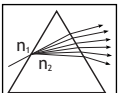
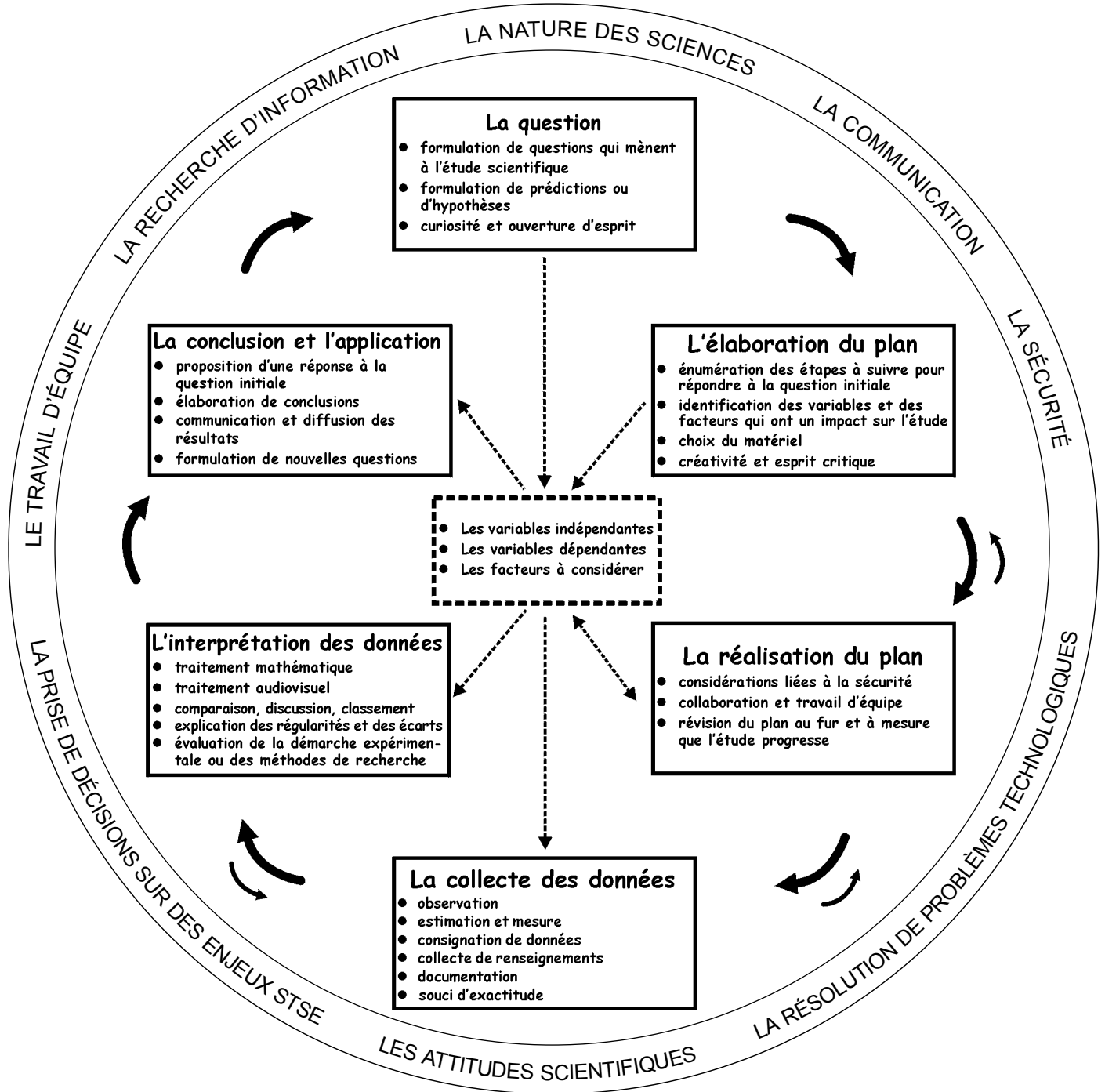
1. Acceptes-tu ton hypothèse initiale? Pourquoi? Si non, pourquoi pas?
2. Que signifie la pente du graphique de cette expérience?
3. Compare tes résultats avec des données recueillies pour une longue période de temps (par exemple quelques heures).
4. Y a-t-il des contraintes à ta loi mathématique?
5. Ta loi sera-t-elle pareille demain? L'année prochaine?



ANNEXE 8 : Étapes de l'étude scientifique

Nom : _____

Date : _____



ANNEXE 9 : Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience

Nom : _____

Date : _____

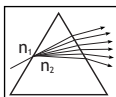
Évaluation du rapport d'expérience

Titre de l'expérience : _____

Membres de l'équipe : _____

| Critères | Points possibles* | Auto-évaluation | Évaluation par l'enseignant |
|---|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| <p><i>Formuler une question</i></p> <ul style="list-style-type: none"> la question mène à l'étude et l'objet est bien ciblé (comporte une relation de cause à effet) | | | |
| <p><i>Émettre une prédiction</i></p> <ul style="list-style-type: none"> les variables dépendante et indépendante sont définies la prédiction comporte une relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante | | | |
| <p><i>Élaborer le plan</i></p> <ul style="list-style-type: none"> le matériel nécessaire est choisi les variables à contrôler sont déterminées les étapes sont énumérées et décrites clairement les mesures de sécurité sont prises en compte l'élimination des déchets est prévue les éléments suivants sont modifiés au besoin et une justification est fournie <ul style="list-style-type: none"> le matériel les variables les mesures de sécurité la démarche | | | |
| <p><i>Réaliser le test, observer et consigner les observations</i></p> <ul style="list-style-type: none"> l'expérience fait l'objet d'essais répétés les données sont consignées en détail et avec les unités appropriées les données sont consignées clairement, de façon structurée et dans un format approprié | | | |
| <p><i>Analyser et interpréter les résultats</i></p> <ul style="list-style-type: none"> les diagrammes sont utilisés au besoin les régularités, les tendances ou les écarts sont précisés les forces et les faiblesses de la méthode et les sources d'erreur possibles sont décrites toute modification au plan initial est décrite et justifiée | | | |
| <p><i>Tirer une conclusion</i></p> <ul style="list-style-type: none"> la relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante est expliquée d'autres explications sont élaborées la prédiction s'est avérée juste ou inexacte | | | |
| Total des points | | | |

* **Remarque** : L'enseignant ou les élèves de la classe attribuent des points selon les mérites particuliers de l'expérience.



ANNEXE 10 : Exercice – L'analyse de données

Nom : _____

Date : _____

1. En faisant une expérience pour son cours de chimie, Marguerite synthétise un produit chimique. Pour déterminer si son échantillon est pur ou non, elle détermine son point de fusion cinq fois. Elle obtient des valeurs de 313,0 K; 313,8 K; 314,2 K; 314,7 K; 315,8 K. La valeur théorique du point de fusion est de 316,1 K.
 - a) Quel est le point de fusion moyen?
 - b) Les données de Marguerite manifestent-elles une erreur aléatoire? Explique ta réponse.
 - c) Les données de Marguerite manifestent-elles une erreur systématique? Explique ta réponse.
 - d) Quel est le pourcentage d'erreur dans son expérience?

2. Zach suspend d'un ressort des masses de 100,0 g, 200,0 g et 300,0 g. Trace une représentation visuelle des résultats qu'il obtient.

3. Jean-Yves entreprend une expérience pour déterminer la relation entre le volume d'un cylindre et sa hauteur. Il choisit des cylindres de rayon identique mais de hauteur variée. Voici la représentation numérique de ses données :

| Hauteur (cm) | Volume (ml) |
|--------------|-------------|
| 2,0 | 60,2 |
| 4,0 | 119,8 |
| 6,0 | 181,1 |
| 8,0 | 240,4 |
| 10,0 | 298,5 |

- a) Quelle est la variable indépendante? Explique ta réponse.

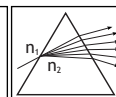
- b) Est-ce qu'il s'agit d'une relation de proportionnalité directe? Si oui, explique pourquoi et indique la relation sous forme symbolique. Si non, explique quels changements il faudrait faire aux données pour qu'elles constituent une relation de proportionnalité directe.

- c) À partir du tableau de données, quel serait le volume d'un cylindre dont la hauteur est de 3,0 cm, de 20,0 cm, de 47,3 cm? Montre ton travail.

- d) Détermine la constante de proportionnalité pour chaque paire de données et calcule la valeur moyenne en indiquant les unités.

- e) Si la valeur théorique de la constante de proportionnalité était de 28,4 ml/cm, quel serait le pourcentage d'erreur de la valeur expérimentale moyenne trouvée dans la question précédente?

- f) Écris l'équation mathématique qui relie les deux variables. Dans quelles circonstances cette loi scientifique s'applique-t-elle?



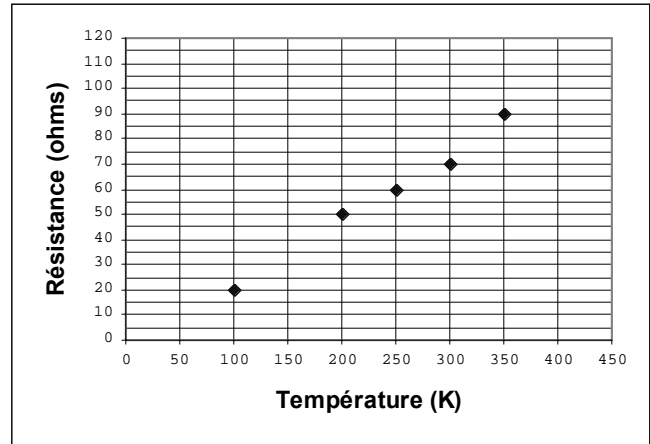
ANNEXE 10 : Exercice – L'analyse de données (suite)

4. Mona fait une expérience pour mesurer la résistance (R) d'un circuit électrique à diverses températures (T). Elle garde constants la longueur des fils électriques et le nombre d'ampoules dans le circuit. La représentation graphique de ses données est présentée ci-dessous.

a) Quel serait un titre approprié pour ce graphique?

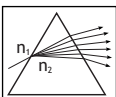
b) S'agit-il d'une proportionnalité directe? Si oui, explique pourquoi et écris la relation de proportionnalité sous forme symbolique. Si non, explique pourquoi.

c) Tous les points expérimentaux ne tombent pas exactement sur la droite. De quel type d'erreur s'agit-il?



d) Quelle serait la valeur de la résistance à une température de 150 K? de 400 K? Par quelle(s) technique(s) as-tu déterminé ces valeurs? Laquelle des prédictions est la moins fiable. Explique ta réponse.

e) Détermine la pente de la droite et écris l'équation mathématique qui relie les deux variables. Cette équation constitue la représentation symbolique.



ANNEXE 11 : L'évolution des modèles atomiques – Activation des connaissances antérieures

Nom : _____

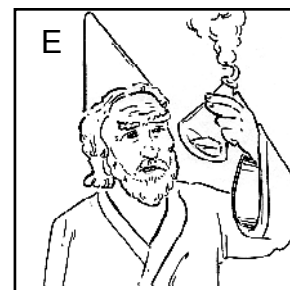
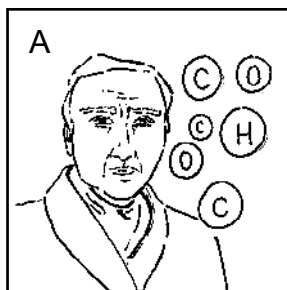
Date : _____

Place en ordre chronologique les grands jalons de l'histoire du modèle atomique, décris brièvement la contribution des scientifiques et associe au jalon un diagramme ou un dessin.

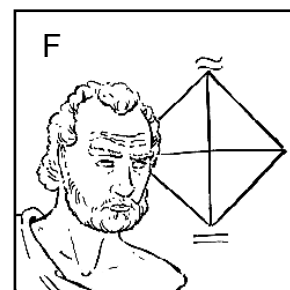
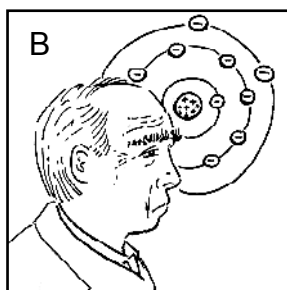
LES JALONS :

LES DIAGRAMMES :

ALCHIMISTES MÉDIÉVAUX

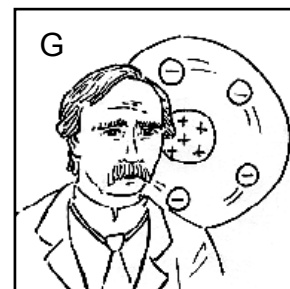
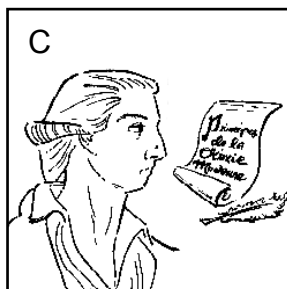


RUTHERFORD



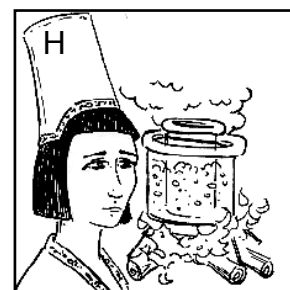
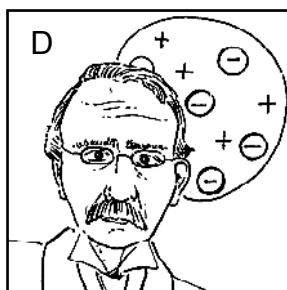
DALTON

BOHR



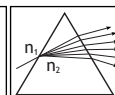
ALCHIMISTES ANTIQUES

PHILOSOPHES GRECS



LAVOISIER

THOMSON



ANNEXE 11 : L'évolution des modèles atomiques – Activation des connaissances antérieures (suite)

1. JALON : _____

DESSIN : _____

EXPLICATION : _____

5. JALON : _____

DESSIN : _____

EXPLICATION : _____

2. JALON : _____

DESSIN : _____

EXPLICATION : _____

6. JALON : _____

DESSIN : _____

EXPLICATION : _____

3. JALON : _____

DESSIN : _____

EXPLICATION : _____

7. JALON : _____

DESSIN : _____

EXPLICATION : _____

4. JALON : _____

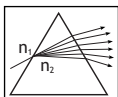
DESSIN : _____

EXPLICATION : _____

8. JALON : _____

DESSIN : _____

EXPLICATION : _____



ANNEXE 12 : L'évolution des modèles atomiques – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

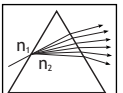
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 12 : L'évolution des modèles atomiques – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

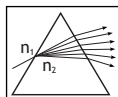
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 12 : L'évolution des modèles atomiques – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

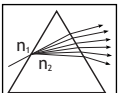
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 13 : La nature des théories scientifiques – Renseignements pour l'enseignant

Dans le langage courant, le terme **théorie** a un sens très large. On dit souvent « C'est seulement une théorie » lorsqu'on fait allusion à une idée. En *Physique 30S*, nous encourageons l'emploi des adjectifs *spéculative* et *robuste* afin de distinguer le sens scientifique d'une théorie de son sens large.

Les **théories spéculatives** ont très peu de preuves à l'appui mais sont toutefois utiles dans la formulation de questions scientifiques et dans l'établissement d'un programme de recherche. Les **théories robustes** constituent un système explicatif qui peut comprendre des prémisses, des preuves empiriques, des nouvelles prédictions, des modèles et des lois scientifiques.

Bien que les théories robustes semblent compréhensives, on ne peut jamais tester toutes les situations possibles – elles sont tout simplement trop nombreuses. Alors, les théories scientifiques sont de nature provisoire et peuvent changer à la lumière de nouvelles observations ou de nouvelles interprétations des observations actuelles. Par conséquent, il peut exister simultanément plusieurs théories – certaines mêmes contradictoires – pour expliquer un seul phénomène naturel. Alors comment la communauté scientifique parvient-elle à accepter une théorie? Sur quels critères les scientifiques se basent-ils? Les critères d'évaluation suivants peuvent aider à évaluer une théorie (la liste n'est pas exhaustive) :

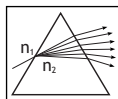
La précision – Une théorie doit expliquer les observations expérimentales.

La simplicité – Une théorie doit expliquer le phénomène de façon nette et claire.

Le pouvoir explicatif – Une théorie doit expliquer des phénomènes sans se contredire ni contredire d'autres théories couramment acceptées. Elle doit prédire des comportements nouveaux. Ses explications doivent s'étendre au-delà des observations et des lois qu'on prévoyait expliquer par elle.

À première vue, la précision semble être le critère le plus important pour évaluer une théorie. Cependant, si nous évaluons des théories concurrentes, ce critère est nécessaire mais pas suffisant pour choisir une théorie plutôt qu'une autre. La revue par les pairs (critiques et opinions venant de la communauté scientifique) devient alors un processus important quant à l'acceptation d'une théorie.

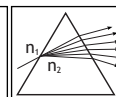
Prenons par exemple les travaux de Copernic en astronomie. Nicolas Copernic (1473-1543) étudie la théorie géocentrique proposée par Ptolémée (env. 150 apr. J.-C.) et acceptée depuis plus de mille ans par la communauté scientifique. Ptolémée croit que la Terre est fixe et au centre de l'Univers. D'après lui, les planètes, la Lune et le Soleil tournent autour de la Terre sur des sphères solides et transparentes selon l'ordre suivant : la Lune, Mercure, Vénus, le Soleil, Mars, Jupiter et Saturne. Cependant, le mouvement rétrograde des planètes est un événement qui est mal expliqué par la théorie géocentrique. Son modèle doit donc être modifié et comprendre des épicycles (astre décrivant un petit cercle autour d'un point qui, lui, tourne en cercle parfait autour de la Terre) pour mieux prédire le mouvement des astres. Le modèle de Ptolémée finit par comprendre au moins 80 épicycles.



**ANNEXE 13 : La nature des théories scientifiques –
Renseignements pour l'enseignant (suite)**

Copernic n'est pas d'accord avec la prémisse de la théorie géocentrique, selon laquelle la Terre ne peut se déplacer. Il est au courant de la théorie héliocentrique d'Aristarque de Samos (310-230 av. J.-C.), philosophe grec qui propose que le mouvement des corps célestes puisse être expliqué avec un modèle selon lequel le Soleil, et non la Terre, est au centre de l'Univers. Copernic applique cette théorie au mouvement des planètes, y compris la Terre. Sa théorie n'est pas plus **précise** que celle de Ptolémée, mais elle est plus **simple**, car elle comporte moins d'épicycles. Elle permet aussi de prédire l'existence des phases de Vénus, phénomène qui est découvert 50 ans plus tard, ce qui va attribuer au modèle un certain **pouvoir explicatif**. La théorie héliocentrique a cependant quelques difficultés. Copernic accepte toujours la prémisse que tout objet dans le ciel décrit des cercles parfaits, donc sa théorie ne peut pas prédire le mouvement des astres de façon plus précise que le modèle de Ptolémée. De plus, le concept d'une Terre en mouvement va à l'encontre de l'explication d'Aristote au sujet du mouvement (une force constante doit être appliquée pour qu'un objet puisse se déplacer). Finalement, le modèle de Copernic est contraire aux conclusions auxquelles une simple observation du ciel peut mener. Une personne qui observe le ciel voit des objets qui se déplacent, et ne ressent aucun mouvement. Il est donc peu surprenant que son modèle soit rejeté par plusieurs scientifiques.

Kepler (1571-1630) révisé le modèle de Copernic en proposant que les planètes (y compris la Terre) tournent autour du Soleil dans une orbite elliptique. La théorie héliocentrique permet maintenant de faire des prédictions plus **précises** quant au mouvement des astres. Kepler ne résout cependant pas le problème du mouvement de la Terre. C'est Galilée (1564-1642) qui vient résoudre ce problème. Il démontre que si on applique une force sur un objet, ce dernier subit un mouvement accéléré. Donc, une fois qu'un objet est en mouvement, aucune force est nécessaire pour le déplacer. Galilée est aussi le premier astronome à observer le ciel à l'aide d'un télescope. Il découvre que Jupiter a des lunes. Tout ne tourne donc pas autour de la Terre. Il observe aussi que Vénus a des phases, comme la Lune. Cette planète doit donc tourner autour du Soleil et non la Terre. Le modèle est maintenant **plus précis** et **plus simple** que celui de Ptolémée et a un **pouvoir explicatif plus grand**. La communauté scientifique accepte donc cette théorie héliocentrique. La découverte par Isaac Newton de la loi de gravitation universelle permet d'éliminer tout doute au sujet de cette théorie, qui est encore acceptée aujourd'hui.



ANNEXE 14 : Cadre de notes – Les modèles historiques de la lumière

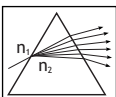
Nom : _____

Date : _____

Les premiers modèles de la lumière portaient sur la source de lumière. La lumière provenait-elle des _____ ou de l'_____ que l'on regardait? Selon Platon (427-347 av. J.-C.), la lumière consistait en _____ émis par l'_____ et on voyait des objets lorsque ces filaments entraient en contact avec eux ou les « _____ » (modèle_____). Selon le modèle _____ des pythagoriciens, la lumière consistait en particules émises par un objet. La vue s'établissait lorsque des particules émises par un objet entraient dans les _____. Le modèle _____ était généralement plus accepté.

Aujourd'hui, les deux modèles les plus reconnus sont le modèle _____ de Sir Isaac Newton et le modèle _____ de Christian Huygens. Newton prétend que la lumière consiste en _____ qui se déplacent en ligne droite. Huygens souligne que si la lumière est constituée de particules, celles-ci entreraient en _____ lorsque deux faisceaux lumineux se croisent. Il prétend que la lumière est une _____.

En 1864, James Clerk Maxwell (écossais, 1831-1879) combine en une seule théorie l'_____, le _____ et la _____ : la théorie _____ de la lumière. Selon Maxwell, la lumière est une onde électromagnétique ayant les mêmes propriétés que les autres ondes électromagnétiques. Sa théorie ne peut cependant expliquer l'effet _____, c'est-à-dire la perte d'électrons d'une surface _____ exposée à la lumière _____. En 1900, Max Planck (physicien allemand, 1858-1947) suggère que l'énergie transmise par un corps chauffé ne consiste pas en une onde continue mais dans de petits paquets appelés « _____ », chacun ayant une valeur discrète. Albert Einstein (1879-1955) se base sur les recherches de Planck pour expliquer l'effet photoélectrique. Ainsi est née la théorie _____ de la lumière selon laquelle la lumière consiste en paquets d'énergie appelés « _____ ». Cette théorie réunit les deux principaux modèles de la lumière, et porte à reconnaître que la lumière ne se comporte pas toujours comme une _____ ni comme une _____.



ANNEXE 15 : Cadre de notes – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

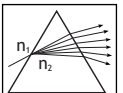
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 16 : Expérience de Newton sur la réfraction

Nom : _____

Date : _____

Question

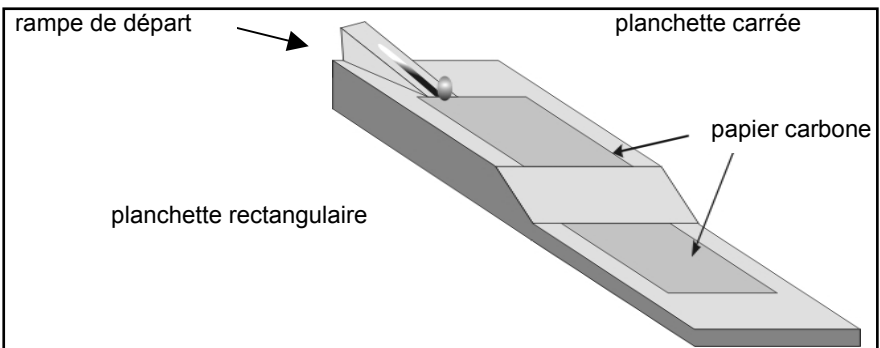
Qu'est-ce qui arrive à l'angle de réfraction lorsqu'une particule passe d'un milieu plus lent à un milieu plus rapide?

Matériel

- Rampe de départ
- Carton rigide ou planchette carrée
- Carton rigide ou planchette rectangulaire
- Bille
- 2 feuilles de papier carbone
- 2 feuilles de papier blanc
- rapporteur
- règle
- 2 élastiques ou 2 morceaux de ficelle

Démarche

1. Fixe le carton ou la planchette carrée au carton ou à la planchette rectangulaire à l'aide des élastiques ou de la ficelle.
2. Place la surface carrée sur des livres ou une autre surface afin de l'élever. La surface rectangulaire devrait former une pente qui rejoint les deux surfaces horizontales.
3. Pose la première feuille de papier blanc sur la planchette carrée et l'autre sur la table au bout de la planchette rectangulaire. Place une feuille de papier carbone sur chacune des feuilles de papier blanc.
4. Pose la rampe de départ dans un coin de la planche carrée.
5. Place la bille sur la rampe de départ et laisse-la rouler vers le bas.
6. Répète l'étape 5 avec la rampe de départ placée à des angles différents.
7. Enlève le papier carbone. Les trajectoires devraient paraître sur le papier blanc. Trace une normale sur chacune des feuilles, puis mesure les angles d'incidence et de réfraction à l'aide des tracés.



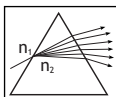
Résultats

Note tous les angles obtenus dans un tableau.

Analyse

Réponds aux questions qui suivent :

1. Qu'est-ce qui arrive à l'angle quand la bille subit une accélération?
2. Lorsque la lumière passe de l'air à l'eau, elle s'incurve vers la normale. Selon les résultats de ton expérience, dans quel milieu la lumière se propage-t-elle plus rapidement?

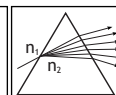


ANNEXE 17 : Tableau sommaire des théories de la lumière

Nom : _____

Date : _____

| THÉORIE _____ | | |
|---|--|------------------|
| | Arguments en faveur | Arguments contre |
| Propagation rectiligne | <input type="checkbox"/> argument fort <input type="checkbox"/> argument faible | |
| Réflexion | <input type="checkbox"/> argument fort <input type="checkbox"/> argument faible | |
| Réfraction | <input type="checkbox"/> argument fort <input type="checkbox"/> argument faible | |
| Diffraction | <input type="checkbox"/> argument fort <input type="checkbox"/> argument faible | |
| Diffraction | <input type="checkbox"/> argument fort <input type="checkbox"/> argument faible | |
| Réflexion partielle – réfraction partielle | <input type="checkbox"/> argument fort <input type="checkbox"/> argument faible | |

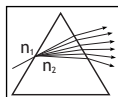


ANNEXE 18 : Cadre de recherche – La vitesse de la lumière

Nom : _____

Date : _____

| | | |
|-----------|---|--------------------|
| Nom : | Années de naissance et de mort : | Nationalité : |
| Méthode : | Observations : | Inférences : |
| Valeur : | Calcul du pourcentage d'erreur par rapport à la valeur couramment acceptée. | Fait intéressant : |



ANNEXE 19 : Autoévaluation de la technique « Jigsaw »

Nom : _____

Date : _____

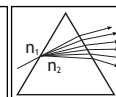
Coche aux bons endroits.

| | | facilement | assez bien | avec difficulté |
|---------------------------------|--|------------|------------|-----------------|
| Au sein de mon groupe d'experts | J'ai bien compris le rôle que j'avais à jouer au sein de mon groupe d'experts. | | | |
| | J'ai entrepris une préparation personnelle (lecture, etc.) avant la discussion en groupe d'experts. | | | |
| | J'ai été attentif à ce que disaient les autres experts. | | | |
| | J'ai encouragé la participation des autres experts par mon attitude positive et respectueuse. | | | |
| | J'ai moi-même contribué à la discussion, par l'entremise de nouvelles idées, de suggestions, de clarifications, etc. | | | |
| | J'ai bien saisi et noté les renseignements clés de la discussion en vue d'en faire part à ma famille. | | | |
| Au sein de ma famille | J'ai bien compris le rôle que j'avais à jouer au sein de ma famille. | | | |
| | J'ai écouté attentivement les rapports faits au sein de ma famille et j'ai demandé des clarifications au besoin. | | | |
| | J'ai noté les renseignements clés issus des rapports faits au sein de ma famille. | | | |
| | J'ai donné un compte rendu fidèle et efficace des renseignements clés recueillis au sein de mon groupe d'experts. | | | |
| En plénière | J'ai écouté attentivement des renseignements clés relevés par l'enseignante ou l'enseignant après le partage en famille. | | | |
| | J'ai posé des questions lorsque je ne saisisais pas certains renseignements cruciaux. | | | |

De façon générale, je pense que la technique des groupes d'experts ...

- a) m'a aidé(e) à apprendre les concepts clés. _____
 b) ne m'a pas aidé(e) à apprendre les concepts clés. _____

Explique ta réponse. _____

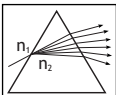


ANNEXE 20 : Tableau de comparaison – Les propriétés des vagues d'eau et les propriétés de la lumière

Nom : _____

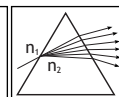
Date : _____

| Propriété | Vagues d'eau | Lumière |
|--------------------------------|--------------|---------|
| Propagation rectiligne | | |
| Réflexion | | |
| Réfraction | | |
| Dispersion | | |
| Réflexion-réfraction partielle | | |
| Diffraction | | |



ANNEXE 21 : Tableau de comparaison (Réponses possibles) Les propriétés des vagues d'eau et les propriétés de la lumière

| Propriété | Vagues d'eau | Lumière |
|--------------------------------|--|---|
| Propagation rectiligne | <p>Les vagues se propagent en ligne droite à moins de rencontrer un obstacle ou de changer de milieu.</p> <p>Les sources ponctuelles engendrent des fronts d'onde circulaires qui se déplacent en ligne droite dans tous les sens à partir de la source.</p> | <p>Les rayons lumineux se propagent en ligne droite à moins de rencontrer un obstacle ou de changer de milieu.</p> <p>Une source lumineuse ponctuelle émet des rayons lumineux qui se déplacent en ligne droite dans tous les sens à partir de la source.</p> |
| Réflexion | L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion | L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion |
| Réfraction | Les vagues s'incurvent vers la normale en passant d'une zone profonde à une zone peu profonde; c'est-à-dire que l'angle d'incidence est plus grand que l'angle de réfraction. | Les rayons lumineux s'incurvent vers la normale en passant de l'air à l'eau; c'est-à-dire que l'angle d'incidence est plus grand que l'angle de réfraction. |
| Dispersion | Pas observé. | La lumière blanche se décompose en faisceaux de différentes couleurs. |
| Réflexion-réfraction partielle | Lorsque les vagues changent de milieu, une partie de l'énergie est transmise au second milieu (réfraction) tandis qu'une partie est réfléchié dans le premier (réflexion). | Lorsqu'un rayon lumineux change de milieu, une partie de l'énergie est transmise au second milieu (réfraction) tandis qu'une partie est réfléchié dans le premier (réflexion). |
| Diffraction | Lorsque les vagues passent par une ouverture, les fronts d'ondes contournent les extrémités de l'ouverture. | Lorsqu'un rayon lumineux passe par une ouverture, il se produit une figure d'interférence. |

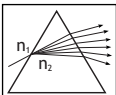


ANNEXE 22 : Évaluation des modèles décrivant la nature de la lumière

Nom : _____

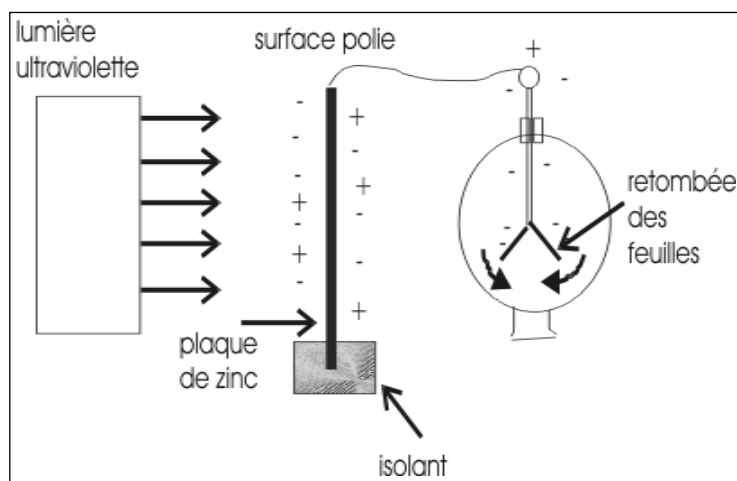
Date : _____

| | Modèle corpusculaire | | Modèle ondulatoire | |
|--------------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | Note | Pourquoi | Note | Pourquoi |
| Propagation rectiligne | 1 2 3 4 5 | | 1 2 3 4 5 | |
| Réflexion | 1 2 3 4 5 | | 1 2 3 4 5 | |
| Réfraction | 1 2 3 4 5 | | 1 2 3 4 5 | |
| Dispersion | 1 2 3 4 5 | | 1 2 3 4 5 | |
| Réflexion-réfraction partielle | 1 2 3 4 5 | | 1 2 3 4 5 | |
| Diffraction | 1 2 3 4 5 | | 1 2 3 4 5 | |
| Effet photo-électrique | 1 2 3 4 5 | | 1 2 3 4 5 | |



ANNEXE 23 : L'Effet photoélectrique – Renseignements pour l'enseignant

On attribue la découverte de l'effet photoélectrique à Heinrich Hertz qui a remarqué que lorsqu'on expose certaines surfaces métalliques aux rayons ultraviolets, il y a une perte de charges négatives. La démonstration ci-dessous illustre ce phénomène :



Exposée à la lumière ultraviolette, la surface métallique perd graduellement des électrons. Cette perte de charge est évidente quand les feuilles de l'électroscope (chargé négativement au début) se rapprochent graduellement en raison des électrons qui quittent l'électroscope au fur et à mesure qu'ils sont libérés de la surface métallique.

Comment expliquer cette libération de charges négatives? Pour déloger un électron d'une surface métallique, il faut lui communiquer une certaine quantité d'énergie. Selon le modèle ondulatoire de la lumière, tous les électrons devraient absorber de l'énergie au fur et à mesure que chaque front d'onde arrive à la surface. Cela dit, les électrons devraient tous partir en même temps. Alors une onde à basse fréquence mais à haute intensité devrait pouvoir déloger un électron. Cependant, ce n'est pas le cas. Les électrons ne sont pas libérés tous en même temps et une onde de basse fréquence ne suffit pas, quelle que soit son intensité.

La démonstration ci-dessus est difficile à réaliser. Voici des étapes suggérées :

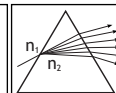
- charger un électroscope à feuilles négativement par conduction ou induction (consulter la série électrostatique plus bas pour connaître la charge relative des matériaux);
- à l'aide d'un fil conducteur, relier l'électroscope à une plaque de zinc polie;
- exposer la plaque de zinc à une source de lumière ultra-violette à fréquence élevée.

SÉRIE ÉLECTROSTATIQUE

Attire fortement les électrons

Or
Soufre
Ambre
Caoutchouc
Cuivre
Ébonite
Paraffine
Soie
Plomb
Laine
Verre
Acétate
Fourrure

Attire faiblement les électrons

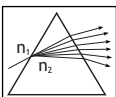


ANNEXE 23 : L'Effet photoélectrique – Renseignements pour l'enseignant (suite)

Einstein a proposé que la lumière consistait en paquets d'énergie appelés **photons** et que la quantité d'énergie de chaque photon était fixe et dépendait de sa fréquence selon la relation $E \propto f$. Selon cette relation, l'énergie de la lumière ne dépend aucunement de son intensité car l'intensité représente le taux auquel les photons frappent la surface et non l'énergie de chaque photon. En frappant la surface métallique, il y a un transfert d'énergie des photons aux électrons. Les électrons absorbent l'énergie des photons. Une partie de cette énergie est nécessaire pour libérer l'électron de la surface (énergie de libération) et l'autre partie est nécessaire pour mettre l'électron en mouvement (énergie cinétique). Une fois libérés, les électrons s'appellent **photoélectrons**.

La fréquence d'onde lumineuse requise pour libérer les électrons d'un métal varie selon le type de métal. Il est plus facile de libérer les électrons des métaux alcalins car leurs électrons périphériques sont liés très faiblement.

Comme le modèle ondulatoire ne pouvait pas expliquer l'effet photoélectrique et comme le modèle corpusculaire ne pouvait pas expliquer les bandes d'interférence observées dans l'expérience de Young, la communauté scientifique a dû élaborer un nouveau modèle plus compréhensif. Ce modèle, qui semble expliquer toutes les propriétés observées de la lumière, s'appelle **dualité onde-particule**. Selon ce modèle, la lumière est à la fois une onde et une particule, et présente des propriétés de chacune.



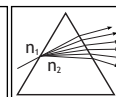
ANNEXE 24 : Test – L'effet photoélectrique

Nom : _____

Date : _____

Parmi les énoncés ci-dessous, certains sont vrais, d'autres sont faux. Si l'énoncé est vrai, donne plus de détails. S'il est faux, corrige-le. La négation n'est pas acceptable comme correction.

1. Le modèle corpusculaire explique bien l'effet photoélectrique.
2. Un photon est un paquet de protons.
3. L'énergie d'un photon dépend de sa fréquence.
4. Toute l'énergie absorbée par les électrons est transformée en énergie cinétique.
5. Toute source lumineuse peut libérer des électrons d'une surface métallique.
6. Pour libérer des électrons d'une plaque métallique, il faut avoir une lumière très intense.
7. Selon le modèle ondulatoire, tous les électrons sont libérés en même temps.
8. Il faut une certaine fréquence de lumière pour libérer les électrons d'un métal.

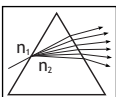


ANNEXE 25 : Le principe de complémentarité – Renseignements pour l'enseignant

En évaluant les prédictions des modèles corpusculaire et ondulatoire, on se rend compte que chaque modèle permet d'expliquer certains phénomènes, mais pas d'autres. Initialement, on croyait que la détermination de la vitesse de la lumière et l'explication de la diffraction constituaient des expériences critiques en faveur du modèle ondulatoire. Par contre, l'effet photoélectrique favorise le modèle corpusculaire et ne peut s'expliquer que par le modèle ondulatoire. On doit donc se poser la question suivante : « Existe-t-il une expérience critique qui éliminerait une théorie et en favoriserait une autre? ». En effet, non, une telle expérience n'existe pas – une expérience peut ne pas favoriser une théorie par rapport à une autre mais elle ne peut pas l'écartier complètement car il peut toujours survenir de nouvelles preuves ou une nouvelle explication.

Il est évident que la lumière n'est ni onde ni particule. Elle est d'une nature double et manifeste des propriétés à la fois ondulatoires et particulaires. Les physiciens appellent cette propriété la dualité onde-particule. On ne peut ni dessiner ni visualiser cette dualité. En tant qu'êtres humains, nous sommes limités - on ne peut que considérer les deux aspects indépendamment.

Niels Bohr (physicien danois, 1885-1962) a énoncé le *principe de complémentarité* selon lequel, pour comprendre une expérience donnée, on doit soit considérer la lumière comme onde, soit comme photon, mais pas comme les deux à la fois. Pour comprendre la lumière, on doit étudier les propriétés complémentaires de sa nature double.



ANNEXE 26 : Mot mystère – La nature de la lumière

Nom : _____

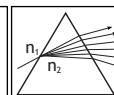
Date : _____

Repère les mots de la liste ci-dessous. Déchiffre les mots mystères à partir des lettres qui restent.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | Y | U | E | F | E | N | T | E | S | E | I | R | O | E | H | T |
| H | O | E | R | I | A | L | U | C | S | U | P | R | O | C | L | I |
| O | U | Q | E | Z | P | E | U | Q | I | T | I | R | C | U | I | N |
| T | N | O | F | E | R | A | Y | O | N | A | T | N | A | U | Q | C |
| O | G | P | F | A | O | L | O | I | S | P | E | C | T | R | E | I |
| N | N | R | E | U | P | A | R | T | I | C | U | L | E | T | R | D |
| N | O | I | T | C | A | R | F | E | R | O | A | G | N | E | I | E |
| O | S | S | N | E | G | Y | U | H | F | E | L | A | M | R | O | N |
| I | L | M | N | P | A | R | T | I | E | L | L | E | E | R | T | C |
| T | E | E | I | N | T | E | R | F | E | R | E | N | C | E | A | E |
| C | H | E | E | E | I | N | S | T | E | I | N | X | L | M | L | R |
| A | C | C | E | S | O | M | B | R | E | S | M | E | I | E | U | E |
| R | I | L | D | C | N | E | W | T | O | N | D | E | P | O | D | T |
| F | M | E | E | T | I | L | A | U | D | O | R | O | S | R | N | I |
| F | R | E | Q | U | E | N | C | E | M | Z | T | R | E | H | O | P |
| I | E | E | L | I | L | A | G | T | V | I | T | E | S | S | E | U |
| D | I | S | P | E | R | S | I | O | N | S | E | D | N | A | B | J |

| | | |
|---------------|--------------|-------------|
| accès | Galilée | partielle |
| bandes | Hertz | photon |
| corpusculaire | Huygens | prisme |
| critique | incidence | propagation |
| diffraction | interférence | quanta |
| dispersion | Jupiter | rayon |
| dualité | loi | réflexion |
| éclipse | Michelson | réfraction |
| effet | modèle | Roëmer |
| Einstein | Newton | sombres |
| fentes | normale | spectre |
| Fizeau | onde | théorie |
| Foucault | ondulatoire | vitesse |
| fréquence | particule | Young |

Mots mystères :



ANNEXE 27 : Mot mystère – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

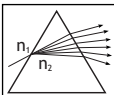
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

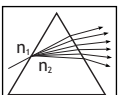
coût : 19,85 \$



PORTFOLIO : Table des matières

Nom : _____

| PIÈCE* | TYPE DE TRAVAIL | DATE | CHOISIE PAR |
|--------|-----------------|------|-------------|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | |
| 9. | | | |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| 15. | | | |



PORTFOLIO : Fiche d'identification

Fiche d'identification

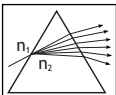
Nom de la pièce : _____

Apprentissage visé (connaissances, habiletés, attitudes) : _____

Remarques et réflexions personnelles au sujet de ce travail : _____

Ton niveau de satisfaction par rapport à ce travail :

| | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| pas satisfait(e) du tout | | | | très satisfait(e) |



LA MÉCANIQUE

APERÇU DU REGROUPEMENT

Afin d'assurer une bonne compréhension de la cinématique et de la dynamique, l'étude de ces domaines s'étend du secondaire 2 au secondaire 4. En secondaire 2, l'accent est mis sur l'analyse qualitative du mouvement et prend comme point de référence l'automobile. En physique 30S, on réexamine ces concepts de façon quantitative, surtout en ce qui concerne les représentations graphique et symbolique du mouvement.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

La collecte de données lors de l'étude du mouvement peut se faire à l'aide de minuteur-enregistreur, de camescope ou de sonde de mouvement. L'accès des élèves à Internet est fortement recommandé afin qu'ils puissent y poursuivre leurs recherches.

Deux pages reproductibles pour le portfolio figurent à la toute fin du regroupement. Elles sont de nature très générale et conviennent au portfolio d'apprentissage ou d'évaluation. Des suggestions pour la cueillette d'échantillons à inclure dans ce portfolio se trouvent dans la section de l' « Introduction générale ».

BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

Afin de faciliter la présentation des renseignements et des stratégies d'enseignement et d'évaluation, les RAS de ce regroupement ont été disposés en **blocs d'enseignement**. À souligner que, tout comme le regroupement lui-même, les blocs d'enseignement ne sont que des pistes suggérées pour le déroulement du cours de physique. L'enseignant peut choisir de structurer son cours et ses leçons en privilégiant une autre approche. Quoi qu'il en soit, les élèves doivent réussir les RAS prescrits par le Ministère pour la physique secondaire 3.

Outre les RAS propres à ce regroupement, plusieurs RAS transversaux de la physique secondaire 3 ont été rattachés aux blocs afin d'illustrer comment ils peuvent s'enseigner pendant l'année scolaire.

| | Titre du bloc | RAS inclus dans le bloc | Durée suggérée |
|--------|---|---|-----------------------|
| Bloc A | Introduction à la mécanique | S3P-3-01, S3P-3-02, S3P-3-03, <i>S3P-0-2h</i> | 140 à 160 min |
| Bloc B | La cinématique – Vitesse vectorielle et accélération | S3P-3-04, S3P-3-05, <i>S3P-0-2d, S3P-0-2g, S3P-0-4b</i> | 200 à 220 min |
| Bloc C | La cinématique – Résolution de problèmes | S3P-3-06, S3P-3-07 | 100 à 120 min |
| Bloc D | La dynamique – Quatre forces fondamentales de la nature | S3P-3-08, <i>S3P-0-4b</i> | 100 à 120 min |
| Bloc E | La dynamique – Deuxième loi de Newton | S3P-3-09, S3P-3-10, <i>S3P-0-2e, S3P-0-2f, S3P-0-2g</i> | 100 à 120 min |
| Bloc F | La dynamique – Force nette et diagrammes de forces | S3P-3-11, S3P-3-12, S3P-3-13, <i>S3P-0-2f, S3P-0-2h</i> | 120 à 140 min |
| | <i>Récapitulation du regroupement et objectivation</i> | | <i>100 à 120 min</i> |
| | Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement | | 14 à 17 h |

RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

Vous trouverez ci-dessous une liste de ressources éducatives qui se prêtent bien à ce regroupement. Il est possible de se procurer la plupart de ces ressources à la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) ou de les commander auprès du Centre des manuels scolaires du Manitoba (CMSM).

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

Éléments de physique : cours d'introduction, de David G. Martindale et Lise Malo, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (1992). ISBN 2-89310-085-6. DREF 530 M384e. CMSM 94775.

Éléments de physique: cours d'introduction – Guide d'enseignement, de David G. Martindale, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (1994). ISBN 2-89310-173-9. DREF 530 M384e.

[R] **L'enseignement des sciences de la nature au secondaire : Une ressource didactique**, d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba (2000). ISBN 0-7711-2139-3. DREF PD. CMSM 93965. [stratégies de pédagogie différenciée]

Omnisciences 10 – Feuilles reproductibles, de Gail deSouza et autres, collection Omnisciences, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2001). ISBN 0-07-560778-6. DREF 500 O55 10e. CMSM 91143. [accompagne le Guide d'enseignement]

Omnisciences 10 – Guide d'enseignement, de Jane Alexander et autres, collection Omnisciences, Ed. de la Chenelière/McGraw-Hill (2001). ISBN 2-89461-414-4. DREF 500 O55 10e. CMSM 91762.

Omnisciences 10 – Manuel de l'élève, de Eric Grace et autres, collection Omnisciences, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2000). ISBN 2-89461-413-6. DREF 500 O55 10e. CMSM 93856.

Physique 11 – Guide d'enseignement (avec réponses sur cédérom), de Igor Nowikow et Brian Heimbecker, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2002). ISBN 2-89310-873-3. DREF 530 N948p. CMSM 93007.

Physique 11 – Manuel de l'élève, de Igor Nowikow et Brian Heimbecker, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2002). ISBN 2-89310-872-5. DREF 530 N948p. CMSM 92303.

Physique 534 : Mécanique – Cahier pour l'élève, de Camille Boisvert et Paul Boisvert, Éd. HRW (1992). ISBN 0-03-927375-X. DREF 531 B684p. CMSM 91047.

Physique 534 : Mécanique – Guide d'enseignement, de Camille Boisvert et Paul Boisvert, Éd. HRW (1993). ISBN 0-03-927376-8. DREF531 B684p. CMSM 91046.

Physique 1 : Mécanique – Manuel, de Harris Benson et autres, Éd. du Renouveau pédagogique (1999). ISBN 2-7613-1040-3. DREF 530 B474p. CMSM 92327.

Physique 1 : Mécanique – Solutionnaire, de Harris Benson et autres, Éd. du Renouveau pédagogique (1999). ISBN 2-7613-1106-X. DREF 530 B474p. CMSM 92326.



La physique et le monde moderne, de Alan Hirsch et Michèle Lemaître, Éd. Guérin (1991). ISBN 2-7601-2400-2. DREF 530.0202 H669p.

La physique et ses applications, de Alan Hirsch et Fernand Houle, Éd. J. Wiley (1991). ISBN 0-471-79524-0. DREF 530 H669p. CMSM 94785.

Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé, de David G. Martindale et autres, Éd. Guérin (1992). ISBN 2-7601-2445-2. DREF 530 M384p. CMSM 94791.

Sphères : Physique 534 – Cahier d'activités, de Michel Charette et Jean-Paul Gueugnot, Éd. du nouveau pédagogique (1993). ISBN 2-7613-0707-0. DREF 530.076 C472s. CMSM 91731.

Sphères : Physique 534 – Guide d'enseignement, de Michel Charette et Jean-Paul Gueugnot, Éd. du nouveau pédagogique (1993). ISBN 2-7613-0776-3. DREF 530.076 C472s. CMSM 91901.

[R] **La sécurité en sciences de la nature : Un manuel ressource**, d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba (1999). ISBN 0-7711-2136-9. DREF P.D. 371.623 S446. CMSM 91719.

AUTRES IMPRIMÉS

L'Actualité, Éditions Rogers Media, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 20 fois l'an; articles d'actualité canadienne et internationale]

Ça m'intéresse, Prisma Presse, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; beaucoup de contenu STSE; excellentes illustrations]

Les clés de l'actualité, Milan Presse, Toulouse (France). [tabloïde hebdomadaire à l'intention des adolescents; actualités scientifiques]

Découvrir : la revue de la recherche, Association francophone pour le savoir, Montréal (Québec). [revue bimestrielle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Extra : L'encyclopédie qui dit tout, Trustar Limitée, Montréal (Québec). [supplément hebdomadaire à la revue 7 jours; contient d'excellents articles et renseignements scientifiques de tout genre]

Interface, Association canadienne française pour l'avancement des sciences, Montréal (Québec). [revue bimensuelle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). [revue mensuelle; version française de la revue américaine *Scientific American*]

Protégez-Vous, Le Magazine Protégez-Vous, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle à l'intention de la protection des consommateurs québécois; plusieurs articles sur des technologies de tous les jours et leurs répercussions sociales et médicales]

Québec Science, La Revue Québec Science, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 10 fois l'an]

La Recherche, La Société d'éditions scientifiques, Paris (France). [revue mensuelle française; traite de divers sujets scientifiques]

Science et vie, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles plus techniques]

Science et vie junior, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; explications logiques avec beaucoup de diagrammes]

Science illustrée, Groupe Bonnier France, Boulogne-Billancourt (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles bien illustrés et expliqués]

Sciences et avenir, La Revue Sciences et avenir, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles détaillés]

MATÉRIEL DIVERS

Mécanique de Newton, Prod. Carolina Biologica Supply. DREF M.-M. 531.4 P699.

VIDÉOCASSETTES

L'inertie – La masse, collection Eurêka, Prod. TVOntario (1980). DREF CDLF/V8334+G, V8335+G. Service de doublage VIDEO 530.07 E89 01 [10 min]

[R] **La vitesse – L'accélération**, collection Eurêka, Prod. TVOntario (1980). DREF CDLG / V8336 + G, V8337 + G. Service de doublage VIDEO 530.07 E89 02. [15 min]

DISQUES NUMÉRISÉS ET LOGICIELS

Évalutel Sciences Physiques. Mécanique, de Charles Chahine et autres, Prod. Evalutel Multimédia (1997). ISBN 2912291011. DREF CD-ROM 530 E92.

La physique par l'expérience : simulations, Prod. Sciensoft (1998), DREF CD-ROM 530 S416.

SITES WEB

Agence Science-Press. <http://www.sciencepresse.qc.ca/index.html> (juillet 2003). [excellent répertoire des actualités scientifiques issues de nombreuses sources internationales; dossiers très informatifs]



Applets et logiciels. <http://www.aboulkhayr.free.fr/entrer.htm> (juillet 2003).

Applets Java de physique. <http://www.walter-fendt.de/ph14f/index.html> (juillet 2003). [simulations de plusieurs concepts en physique]

Deuxième loi de Newton. <http://www.aboulkhayr.free.fr/aplet/9.htm> (juillet 2003). [simulation de la deuxième loi de Newton]

[R] **Le grand dictionnaire terminologique.** http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motclef/index800_1.asp (juillet 2003). [dictionnaire anglais-français de terminologie liée aux sciences et à la technologie; offert par l'Office de la langue française du Québec]

Infoscience-biographies. http://www.infoscience.fr/histoire/biograph/biograph_som.html (juillet 2003). [biographies de plusieurs scientifiques]

Intersciences. <http://membres.lycos.fr/ajdesor/> (juillet 2003). [excellent répertoire de sites Web portant sur les sciences; un grand nombre de sites en français]

Les lois de Newton. <http://www.ac-nice.fr/physique/Newton/intro.htm> (juillet 2003).

Le Newtonium. <http://www3.sympatico.ca/fnabki/> (juillet 2003). [lois de Newton : exemples, expériences, applications]

Pour la science. <http://www.pourlascience.com/> (juillet 2003). [revue française qui traite des découvertes scientifiques]

Québec Science. http://www.cybersciences.com/Cyber/0.0/0_0.asp (juillet 2003). [revue canadienne qui traite de découvertes scientifiques]

Radio-Canada : Science-technologie. <http://www.radio-canada.ca/sciencetechno/> (juillet 2003). [actualités, reportages]

Le réseau Franco-Science. <http://www.franco-science.org/> (juillet 2003). [répertoire des sciences en français géré par l'Agence Science-Pressé]

Sciences en ligne. <http://www.sciences-en-ligne.com/> (juillet 2003). [excellent magazine en ligne sur les actualités scientifiques; comprend un dictionnaire interactif pour les sciences, à l'intention du grand public]

Sciences et avenir quotidien. <http://quotidien.sciencesetavenir.com/> (juillet 2003). [revue française qui traite des actualités scientifiques]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

L'élève sera apte à :

- S3P-3-01 distinguer les quantités scalaires des quantités vectorielles et en donner des exemples, *par exemple la distance, la vitesse, la masse, le temps, la température, le volume, le poids, la position, le déplacement, la vitesse vectorielle, l'accélération, la force;*
RAG : D4
- S3P-3-02 faire la différence entre la position, le déplacement et la distance;
RAG : D4
- S3P-3-03 distinguer un instant d'un intervalle de temps;
RAG : D4
- S3P-3-04 analyser la relation qui existe entre la position, la vitesse vectorielle, l'accélération et le temps pour un objet en accélération constante, entre autres la transformation des graphiques position-temps, vitesse vectorielle-temps et accélération-temps à l'aide des aires et des pentes;
RAG : C2, D4
- S3P-3-05 comparer la vitesse vectorielle moyenne à la vitesse vectorielle instantanée dans le cas d'un mouvement non uniforme, entre autres les pentes de la corde et de la tangente;
RAG : C2, D5
- S3P-3-06 illustrer, au moyen du graphique vitesse vectorielle-temps d'un mouvement uniformément accéléré, qu'on peut calculer la vitesse vectorielle moyenne par $\vec{v}_{moy} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$, et le déplacement par $\Delta \vec{d} = \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta t$;
RAG : C2, C6
- S3P-3-07 résoudre des problèmes au moyen d'une combinaison des formules suivantes : $\vec{v}_{moy} = \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2}$,
 $\vec{v}_{moy} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$ et $\vec{a}_{moy} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$;
RAG : C2, D4
- S3P-3-08 nommer les quatre forces fondamentales de la nature;
RAG : D6, E1
- S3P-3-09 mener une expérience pour démontrer la deuxième loi de Newton ($\vec{F}_{nette} = m \times \vec{a}$);
RAG : C2, D4
- S3P-3-10 définir le newton comme unité de mesure de la force;
RAG : C2, D4



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

- S3P-3-11 définir « \vec{F}_{nette} » comme étant la somme vectorielle de toutes les forces s'exerçant sur un corps, entre autres la force de frottement, la force normale, la force gravitationnelle, les forces appliquées;
RAG : C2, D4
- S3P-3-12 tracer des diagrammes de forces pour déterminer la force nette agissant sur des objets en situations diverses, entre autres les forces équilibrées et non équilibrées, les plans inclinés;
RAG : C2, C6
- S3P-3-13 résoudre des problèmes au moyen de la deuxième loi de Newton et des équations de la cinématique dont il a été question ci-dessus (S3P-3-07), entre autres les forces appliquées sur la même droite et à angles droits.
RAG : C2, C6

RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

L'élève sera apte à :

Nature des sciences

S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques;

RAG : A2

S3P-0-1b décrire l'importance de la revue par des pairs dans l'évaluation et l'acceptation de théories, de données et d'affirmations;

RAG : A4, B1

S3P-0-1c rattacher l'historique des idées scientifiques et de la technologie à la forme et à la fonction du savoir scientifique actuel;

RAG : B1

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées;

RAG : A1, A2

S3P-0-1e établir la différence entre l'explication des phénomènes naturels par les théories scientifiques, et la description des régularités et des constantes de la nature au moyen des lois scientifiques;

RAG : A2, D6

RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

- S3P-0-2a employer les modes de représentation visuelle, numérique, symbolique ou graphique pour découvrir et représenter des relations tout en choisissant le mode le plus approprié;
RAG : C2, C3
- S3P-0-2b mener une expérience scientifique en posant une question initiale, en énonçant des hypothèses et en planifiant, en adaptant ou en poussant plus loin une démarche expérimentale;
RAG : C5, C7
- S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants;
RAG : A2, C8
- S3P-0-2d estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant les unités du Système international (SI);
RAG : C4, C6
- S3P-0-2e évaluer la pertinence, la fiabilité et l'adéquation des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres les sources d'erreur et l'écart dans les résultats;
RAG : C5, C8
- S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié,
entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;
RAG : C6, C7
- S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables;
RAG : C3, C8
- S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs,
entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs;
RAG : C2, C3
- S3P-0-2i sélectionner et intégrer de l'information obtenue à partir d'une variété de sources,
entre autres imprimées, électroniques, humaines;
RAG : C6, C8

RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

S3P-0-3a analyser, selon diverses perspectives, des avantages et des inconvénients pour la société et l'environnement lorsqu'on applique des connaissances scientifiques ou on introduit une technologie particulière;

RAG : B1, B2

S3P-0-3b décrire des exemples d'évolution de la technologie à la suite de progrès dans le savoir scientifique, et des exemples d'évolution du savoir scientifique résultant d'innovations technologiques;

RAG : A2, B2

S3P-0-3c relever des enjeux d'ordre social liés aux sciences et à la technologie, en tenant compte des besoins humains et environnementaux et des considérations éthiques;

RAG : B3, B5

S3P-0-3d appliquer le processus de prise de décisions à un enjeu STSE;

RAG : B5, C4

S3P-0-3e soulever un problème, en rechercher une solution technologique ou autre et la réaliser;

RAG : B4, C4, C6

RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Attitudes

- S3P-0-4a faire preuve d'habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : C1, C2
- S3P-0-4b travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux;
RAG : C7
- S3P-0-4c faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique, de résoudre des problèmes et d'examiner en enjeu STSE;
RAG : C3, C5
- S3P-0-4d acquérir un sens de responsabilité personnelle et collective au regard de l'impact des êtres humains sur l'environnement, et prendre en considération les conséquences d'actions prévues sur la société et l'environnement;
RAG : B1, B2
- S3P-0-4e manifester un intérêt soutenu et plus éclairé dans les sciences et les questions d'ordre scientifique;
RAG : B4, B5
- S3P-0-4f valoriser l'ouverture d'esprit, le scepticisme, l'honnêteté, l'exactitude, la précision et la persévérance en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques.
RAG : C5

RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX

Le but des résultats d'apprentissage manitobains en sciences de la nature est d'inculquer à l'élève un certain degré de culture scientifique qui lui permettra de devenir un citoyen renseigné, productif et engagé. **Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :**

Nature des sciences et de la technologie

- A1. reconnaître à la fois les capacités et les limites des sciences comme moyen de répondre à des questions sur notre monde et d'expliquer des phénomènes naturels;
- A2. reconnaître que les connaissances scientifiques se fondent sur des données, des modèles et des explications, et évoluent à la lumière de nouvelles données et de nouvelles conceptualisations;
- A3. distinguer de façon critique les sciences de la technologie, en fonction de leurs contextes, de leurs buts, de leurs méthodes, de leurs produits et de leurs valeurs;
- A4. identifier et apprécier les contributions qu'ont apportées des femmes et des hommes issus de diverses sociétés et cultures à la compréhension de notre monde et à la réalisation d'innovations technologiques;
- A5. reconnaître que les sciences et la technologie interagissent et progressent mutuellement;

Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

- B1. décrire des innovations scientifiques et technologiques, d'hier et d'aujourd'hui, et reconnaître leur importance pour les personnes, les sociétés et l'environnement à l'échelle locale et mondiale;
- B2. reconnaître que les poursuites scientifiques et technologiques ont été et continuent d'être influencées par les besoins des humains et le contexte social de l'époque;
- B3. identifier des facteurs qui influent sur la santé et expliquer des liens qui existent entre les habitudes personnelles, les choix de style de vie et la santé humaine aux niveaux personnel et social;
- B4. démontrer une connaissance et un intérêt personnel pour une gamme d'enjeux, de passe-temps et de métiers liés aux sciences et à la technologie;
- B5. identifier et démontrer des actions qui favorisent la durabilité de l'environnement, de la société et de l'économie à l'échelle locale et mondiale;

Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques

- C1. reconnaître les symboles et les pratiques liés à la sécurité lors d'activités scientifiques et technologiques ou dans sa vie de tous les jours, et utiliser ces connaissances dans des situations appropriées;
- C2. démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il entreprend une étude scientifique;
- C3. démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il s'engage dans la résolution de problèmes technologiques;
- C4. démontrer des habiletés de prise de décisions et de pensée critique lorsqu'elle ou il adopte un plan d'action fondé sur de l'information scientifique et technologique;



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX (suite)

- C5. démontrer de la curiosité, du scepticisme, de la créativité, de l'ouverture d'esprit, de l'exactitude, de la précision, de l'honnêteté et de la persistance, et apprécier l'importance de ces qualités en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques;
- C6. utiliser des habiletés de communication efficaces et des technologies de l'information afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques;
- C7. travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui lors de ses activités scientifiques et technologiques;
- C8. évaluer, d'une perspective scientifique, les idées et les renseignements rencontrés au cours de ses études et dans la vie de tous les jours;

Connaissances scientifiques essentielles

- D1. comprendre les structures et les fonctions vitales qui sont essentielles et qui se rapportent à une grande variété d'organismes, dont les humains;
- D2. comprendre diverses composantes biotiques et abiotiques, ainsi que leurs interactions et leur interdépendance au sein d'écosystèmes, y compris la biosphère en entier;
- D3. comprendre les propriétés et les structures de la matière ainsi que diverses manifestations et applications communes des actions et des interactions de la matière;
- D4. comprendre comment la stabilité, le mouvement, les forces ainsi que les transferts et les transformations d'énergie jouent un rôle dans un grand nombre de contextes naturels et fabriqués;
- D5. comprendre la composition de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la lithosphère ainsi que des processus présents à l'intérieur de chacune d'elles et entre elles;
- D6. comprendre la composition de l'Univers et les interactions en son sein ainsi que l'impact des efforts continus de l'humanité pour comprendre et explorer l'Univers;

Concepts unificateurs

- E1. décrire et apprécier les similarités et les différences parmi les formes, les fonctions et les régularités du monde naturel et fabriqué;
- E2. démontrer et apprécier comment le monde naturel et fabriqué est composé de systèmes et comment des interactions ont lieu au sein de ces systèmes et entre eux;
- E3. reconnaître que des caractéristiques propres aux matériaux et aux systèmes peuvent demeurer constantes ou changer avec le temps et décrire les conditions et les processus en cause;
- E4. reconnaître que l'énergie, transmise ou transformée, permet à la fois le mouvement et le changement, et est intrinsèque aux matériaux et à leurs interactions.

Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc A Introduction à la mécanique

L'élève sera apte à :

S3P-3-01 distinguer les quantités scalaires des quantités vectorielles et en donner des exemples, *par exemple la distance, la vitesse, la masse, le temps, la température, le volume, le poids, la position, le déplacement, la vitesse vectorielle, l'accélération, la force;*
RAG : D4

S3P-3-02 faire la différence entre la position, le déplacement et la distance;
RAG : D4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à former des groupes de deux. Demander à chaque groupe d'écrire un paragraphe qui explique comment se rendre de la salle de classe à un « endroit mystère » dans l'école, sans aucune direction ou diagramme. Inviter les différents groupes à s'échanger leur paragraphe et leur donner quelques minutes pour tenter de deviner l'endroit mystère.

En secondaire 2, les élèves ont étudié le mouvement uniforme et accéléré en ligne droite. Les orientations de vecteurs étaient décrites comme allant vers l'avant et vers l'arrière.

Une **grandeur scalaire** est une mesure qui comprend seulement un nombre et une unité. La **distance** est un exemple de grandeur scalaire et signifie la longueur du trajet parcouru. Une **grandeur vectorielle** comprend un nombre, une unité et une orientation. Le **déplacement** est un exemple de grandeur vectorielle et signifie la variation de la position d'un corps. La **position** d'un corps indique l'endroit où il se situe à un instant donné.

L'orientation d'un vecteur peut être décrite de plusieurs façons :

- termes courants tels que droite ou gauche, vers le haut ou vers le bas;
- direction boussole;
- axe rectiligne où le mouvement est positif dans un sens et négatif dans l'autre;
- système de coordonnées rectangulaires (SCR) utilisant les angles de rotation à partir d'un axe horizontal.

Les termes **orientation**, **sens** et **direction** sont souvent mal employés. La direction désigne une droite non orientée, par exemple nord-sud. Le sens précise l'orientation.

Posez les questions suivantes aux élèves :

- *Est-ce que c'était difficile d'écrire votre paragraphe? Expliquez votre réponse.*
- *L'endroit était-il facile à trouver?*
- *Qu'est-ce qui aurait pu faciliter votre tâche?*

En quête

❶

A) Expliquer aux élèves la différence entre une grandeur scalaire et une grandeur vectorielle. Poser la question suivante aux élèves :

- *Parmi les valeurs qui suivent, lesquelles sont des grandeurs scalaires et lesquelles sont vectorielles?*
 - 50 m/s (scalaire)
 - 20 km, sud (vectorielle)
 - 3 °C (scalaire)
 - 7 m/s vers la gauche (vectorielle)
 - 14 N vers le haut (vectorielle)

B) Diviser la classe en petits groupes. Inviter chaque groupe à décrire des situations dans lesquelles une connaissance de la distance serait importante et des situations dans lesquelles une connaissance du déplacement serait importante. Encourager les élèves à présenter leurs exemples à la classe. Voici des réponses possibles :

- La distance est importante pour déterminer la consommation d'essence dans un véhicule, l'usure d'un véhicule ou la quantité d'exercice accompli lors du jogging.
- Le déplacement (distance et orientation) est nécessaire pour se rendre d'un endroit à l'autre.

C) Expliquer aux élèves la différence entre les termes *position*, *déplacement* et *distance*. S'assurer que les élèves peuvent additionner et soustraire des vecteurs en ligne droite et à angles droits. Distribuer l'annexe 1 au besoin pour repasser les notions de vecteurs.



S3P-3-03 distinguer un instant d'un intervalle de temps;
RAG : D4

S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs, entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs.
RAG : C2, C3

D) Distribuer aux élèves la feuille de travail de l'annexe 2. S'assurer que les élèves font la distinction entre un instant et un intervalle de temps. Revoir les réponses en classe pour s'assurer que les élèves saisissent bien les concepts. Le corrigé figure à l'annexe 3.

E) Inviter les élèves à comparer à l'aide d'un cadre de comparaison les termes suivants (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.24) :

- l'instant et l'intervalle de temps;
- les quantités scalaires et les quantités vectorielles;
- la distance et le déplacement.

Une idée préconçue chez les élèves est qu'un **instant** est une période de temps très courte. L'instant équivaut à une lecture de chronomètre ou à la position des aiguilles sur une horloge (t). Si le temps est placé sur un axe, l'instant est une seule donnée sur cet axe. L'**intervalle** de temps représente une période de temps. On calcule un intervalle de temps à l'aide de la formule $\Delta t = t_2 - t_1$.

En fin

1 Inviter les élèves à reprendre l'exercice de la section « En tête ». Cette fois, les élèves peuvent dessiner des vecteurs pour aider à l'orientation et inclure des mesures (voir l'annexe 4). Poser la question suivante aux élèves :

- Les directives étaient-elles plus faciles à suivre cette fois? Expliquez votre réponse.

Stratégies d'évaluation suggérées

- 1 Inviter les élèves à raconter une « histoire de vecteur » dans leur carnet scientifique (par exemple leur trajet entre la maison et l'école) en faisant référence à l'origine, aux grandeurs des valeurs et à l'orientation.
- 2 Inviter les élèves à compléter un test semblable à celui de l'annexe 2.
- 3 Ramasser le cadre de comparaison des élèves afin d'évaluer leur capacité à distinguer l'instant de l'intervalle de temps.
- 4 Inviter les élèves à calculer des distances et des déplacements à partir d'une carte routière. Poser les questions suivantes aux élèves :
 - Si vous voyagez en voiture vers une destination quelconque, quel calcul serait plus important, celui de la distance ou celui du déplacement sur une carte routière? Expliquez votre réponse.
 - Si vous voyagez en avion vers une destination quelconque, quel calcul serait plus important, celui de la distance ou celui du déplacement sur une carte routière? Expliquez votre réponse.
- 5 Inviter les élèves à utiliser le procédé tripartite (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.9 et 10.10, et 10.22) afin de définir les concepts position, distance, déplacement, vitesse vectorielle, instant, intervalle de temps.

Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc B **La cinématique – Vitesse vectorielle et accélération**

L'élève sera apte à :

S3P-3-04 analyser la relation qui existe entre la position, la vitesse vectorielle, l'accélération et le temps pour un objet en accélération constante, entre autres la transformation des graphiques position-temps, vitesse vectorielle-temps et accélération-temps à l'aide des aires et des pentes;
RAG : C2, D4

S3P-3-05 comparer la vitesse vectorielle moyenne à la vitesse vectorielle instantanée dans le cas d'un mouvement non uniforme, entre autres les pentes de la corde et de la tangente;
RAG : C2, D5

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

① Faire ressortir les connaissances antérieures des élèves sur le mouvement par l'entremise de l'annexe 5. Effectuer une mise en commun des réponses et revoir au besoin certains concepts. Le corrigé figure à l'annexe 6.

OU

Présenter une vidéocassette qui illustre les concepts de la vitesse vectorielle et de l'accélération, par exemple *La vitesse – L'accélération*.

OU

Poser les questions suivantes aux élèves :

- *Comment pouvez-vous représenter de façon visuelle un mouvement uniforme? Un mouvement accéléré? (On peut représenter un mouvement uniforme en dessinant une série de points avec le même espacement entre chaque point. On peut représenter un mouvement accéléré avec une série de points dont l'espacement entre chaque point augmente ou diminue progressivement.)*
- *Que représente la pente d'un graphique de la position en fonction du temps? (La pente représente la vitesse vectorielle.)*
- *Que représente la pente d'un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps? (La pente représente l'accélération.)*

En secondaire 2, les élèves ont étudié le mouvement uniforme et le mouvement accéléré. En Physique 30S, on s'attend à un traitement plus complexe de la position, de la vitesse vectorielle et de l'accélération. L'analyse graphique est plus poussée avec l'accent sur la pente de la courbe et l'aire comprise entre la courbe et l'axe horizontal. Voir l'annexe 7 pour plus de renseignements.

En quête

① A) Proposer aux élèves d'effectuer des expériences de laboratoire afin d'analyser la relation qui existe entre la position, la vitesse vectorielle, l'accélération et le temps. Inviter les élèves à recueillir des données pour des objets en mouvement uniforme et pour des objets en mouvement accéléré. Commencer l'étude avec une analyse qualitative de la pente, puis faire une analyse mathématique. S'assurer d'analyser des mouvements à différentes vitesses et avec des changements de direction.

Plusieurs types d'activités permettent d'étudier ces relations. La sélection d'activité se fera en fonction des ressources disponibles et de l'expérience des élèves. Voici quelques exemples d'activités possibles :

- Un élève se déplace le long d'une ligne droite, s'arrêtant de temps à autre et changeant aussi de direction. D'autres membres de la classe notent la position de l'élève à intervalles de temps réguliers. Cette information peut être recueillie à l'aide de mètres et de chronomètres, ou à l'aide d'un détecteur de mouvement. Une fois l'information recueillie, les élèves peuvent tracer des graphiques de la position en fonction du temps (voir l'annexe 8).
- Les élèves complètent un tableau de valeurs puis tracent un graphique de la position en fonction du temps pour un objet qui se déplace à une vitesse vectorielle de 5 m/s. Ils répètent ensuite l'activité avec une vitesse vectorielle de 10 m/s, de 2 m/s et de 0 m/s. Les élèves peuvent ensuite comparer entre eux la courbe de leur graphique.
- Les élèves complètent un tableau de valeurs puis tracent un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps pour un objet à différents taux d'accélération. Ils peuvent ensuite comparer la courbe de leur graphique.



S3P-0-2d estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant des unités du Système international (SI);
RAG : C4, C6

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables;
RAG : C3, C8

S3P-0-4b travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux.
RAG : C7

- Les élèves recueillent des données sur une bille qui roule le long d'un plan incliné, à l'aide d'un minuteur-enregistreur, d'un caméscope ou d'un détecteur de mouvement, puis tracent des graphiques de la position en fonction du temps, de la vitesse vectorielle en fonction du temps et de l'accélération en fonction du temps pour déterminer la relation entre les variables.
- Les élèves recueillent des données sur un objet lancé dans les airs, à l'aide d'un minuteur-enregistreur, d'un caméscope ou d'un détecteur de mouvement, puis tracent des graphiques de la position en fonction du temps, de la vitesse vectorielle en fonction du temps et de l'accélération en fonction du temps pour déterminer la relation entre les variables.

Le concept d'accélération négative est difficile à saisir. Lorsque la vitesse vectorielle et l'accélération sont dans le même sens, la vitesse augmente. Lorsqu'elles sont en sens opposés, la vitesse diminue. Le tableau ci-dessous en fait le sommaire :

| | | | |
|-----------|-----------|----------------|----------------|
| \vec{a} | \vec{v} | + | - |
| + | | $v \uparrow$ | $v \downarrow$ |
| - | | $v \downarrow$ | $v \uparrow$ |

Les élèves pourraient aussi avoir de la difficulté à interpréter ou à tracer des graphiques qui présentent des changements de direction. Une attention particulière devrait être portée aux problèmes impliquant des valeurs négatives de position, de vitesse vectorielle et d'accélération. L'utilisation de sondes permettant de tracer des graphiques à mesure qu'un élève effectue des mouvements peut s'avérer très utile pour renforcer l'apprentissage de ces concepts.

B) Inviter les élèves à analyser des graphiques à l'aide de la feuille de travail de l'annexe 9. Corriger ces problèmes en classe pour s'assurer que les élèves saisissent bien les concepts. Le corrigé figure à l'annexe 10.

suite à la page 3.20

Stratégies d'évaluation suggérées

- 1 Ramasser les carnets scientifiques des élèves afin de mesurer leur habileté à enregistrer, à organiser et à présenter des données dans un format approprié, à interpréter des régularités et des tendances dans les données, et à inférer ou à calculer les relations linéaires entre les variables.
- 2 Inviter les élèves à faire le test de l'annexe 13.
- 3 Inviter les élèves à faire le test de l'annexe 14.
- 4 Évaluer les habiletés et les attitudes scientifiques des élèves à l'aide de la grille d'observation proposée à l'annexe 15.

Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc B La cinématique – Vitesse vectorielle et accélération

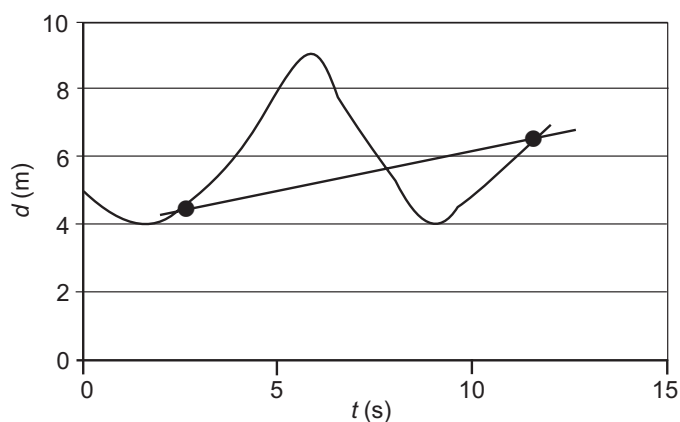
L'élève sera apte à :

S3P-3-04 analyser la relation qui existe entre la position, la vitesse vectorielle, l'accélération et le temps pour un objet en accélération constante, entre autres la transformation des graphiques position-temps, vitesse vectorielle-temps et accélération-temps à l'aide des aires et des pentes;
RAG : C2, D4

S3P-3-05 comparer la vitesse vectorielle moyenne à la vitesse vectorielle instantanée dans le cas d'un mouvement non uniforme, entre autres les pentes de la corde et de la tangente;
RAG : C2, D5

Stratégies d'enseignement suggérées (suite de la page 3.19)

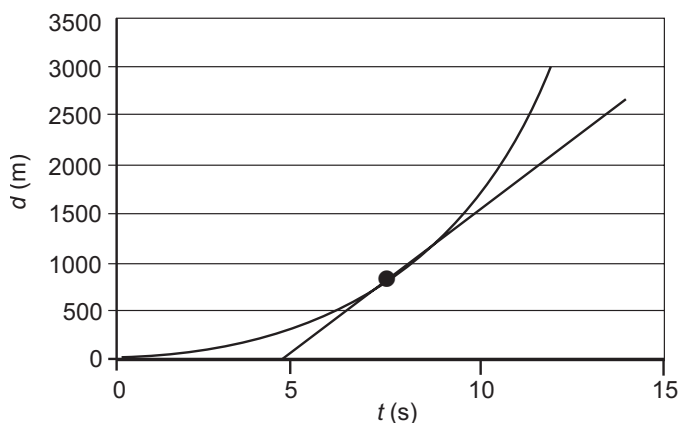
C) Expliquer aux élèves que la vitesse vectorielle moyenne est le déplacement d'un corps dans un intervalle de temps donné. Pour un mouvement uniforme, la vitesse vectorielle moyenne est égale à la vitesse à un instant donné. Cependant, si le mouvement est variable, la vitesse vectorielle moyenne n'aura généralement pas la même valeur que la vitesse vectorielle dans un court intervalle de temps. Avec un graphique de la position en fonction du temps, la vitesse vectorielle moyenne est déterminée en calculant la valeur de la pente de la corde reliant deux points du graphique. (Voir *Principes fondamentaux de la physique*, p. 49-52, ou *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 16-19.)



Pour déterminer la vitesse vectorielle moyenne entre 3 et 12 secondes dans le graphique ci-dessus, il faut relier les deux points à l'aide d'une corde et ensuite calculer la pente de celle-ci.

Expliquer aux élèves que la vitesse vectorielle pour un instant donné (vitesse vectorielle instantanée) change à tous les points sur une courbe si le mouvement est variable.

La vitesse vectorielle instantanée peut être déterminée en calculant la pente de la tangente à la courbe pour un instant donné (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 19-21, *Physique 11*, p. 20-22 ou *Principes fondamentaux de la physique*, p. 53 et 54).



D) Proposer aux élèves de filmer une balle qui tombe. Jouer la vidéo au ralenti ou image par image et inviter les élèves à mesurer la position de la balle pour chaque intervalle de temps. Demander ensuite aux élèves de déterminer la vitesse vectorielle moyenne à différents intervalles de temps en mesurant la distance que tombe la balle lors de ces intervalles de temps. Les élèves peuvent ensuite calculer la vitesse vectorielle instantanée de la balle en traçant un graphique de la position en fonction du temps, reliant les points à l'aide d'une courbe et calculant la pente de tangentes placées sur la courbe aux instants désirés.

E) Expliquer aux élèves comment tracer un graphique de la position en fonction du temps à partir d'un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps, et un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps à partir d'un graphique de l'accélération en fonction du temps (voir l'annexe 11, *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 41-43, *Principes fondamentaux de la physique*, p.57-60 ou 68 et 69, ou *Physique 11*, p. 48-54). Inviter les élèves à faire la transformation de plusieurs graphiques et corriger ce travail en classe (voir l'annexe 12).

S3P-0-2d estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant des unités du Système international (SI);
RAG : C4, C6

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables;
RAG : C3, C8

S3P-0-4b travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux.
RAG : C7

En fin

❶

Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes dans leur carnet scientifique :

- *Est-ce que votre compréhension de la relation entre la position, la vitesse l'accélération et le temps a changé?*
- *Quelles sont les notions qui ont été les plus difficiles à maîtriser?*
- *Est-ce que vous avez de nouvelles questions par rapport à l'analyse et à la transformation des graphiques?*

Stratégies d'évaluation suggérées



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc C
**La cinématique –
Résolution de problèmes**

L'élève sera apte à :

S3P-3-06 illustrer, au moyen du graphique vitesse vectorielle-temps d'un mouvement uniformément accéléré, qu'on peut calculer la vitesse vectorielle moyenne par $\vec{v}_{moy} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$, et le déplacement par $\Delta \vec{d} = \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \Delta t$;

RAG : C2, C6

S3P-3-07 résoudre des problèmes au moyen d'une combinaison des formules suivantes :

$$\vec{v}_{moy} = \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2}, \vec{v}_{moy} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t},$$

$$\text{et } \vec{a}_{moy} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.$$

RAG : C2, D4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

Ce bloc d'enseignement fournit une bonne occasion pour l'intégration des chiffres significatifs.

En tête

❶

Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes :

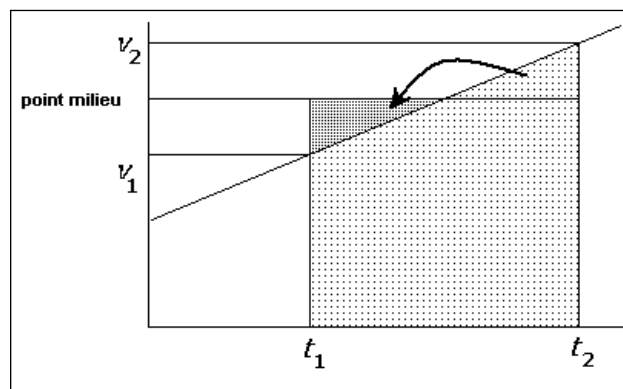
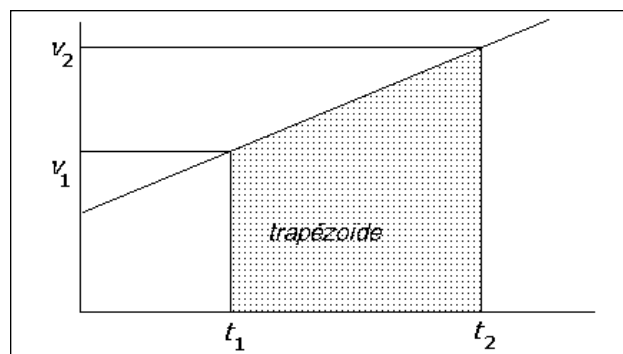
- Comment une représentation visuelle (par exemple une série de points sur le papier d'un compteur-minuteur) peut-elle aider à analyser le mouvement? (La représentation visuelle est une image réelle du mouvement observé. Elle nous permet d'établir une description générale des relations. Par exemple, si on a une série de points qui sont séparés par des espaces identiques, on peut conclure que l'objet parcourt la même distance dans chaque intervalle de temps.)
- Comment une représentation numérique (par exemple un tableau de données) peut-elle aider à analyser le mouvement? (Pour une représentation numérique, on effectue des mesures afin de recueillir des données. Cela peut nous permettre d'établir une relation exacte, quoique dans la plupart des cas la cueillette de données entraîne des erreurs. Il peut donc être très difficile d'établir une relation en étudiant uniquement les données.)
- Comment une représentation graphique permet-elle d'analyser le mouvement? (La représentation graphique n'est pas une image réelle d'une relation. Elle représente plutôt une image mathématique de la relation. Il suffit de connaître un nombre limité de données pour établir une relation. En examinant la forme du graphique et en ajustant les données pour « redresser la courbe », on peut établir la relation exacte et formuler une loi que l'on peut ensuite représenter de façon symbolique.)

- Quel est l'avantage d'une représentation symbolique (formule mathématique) dans l'analyse du mouvement? (La représentation symbolique permet de faire des calculs exacts une fois que l'on a établi une relation mathématique. Par exemple, si on comprend que, pour une vitesse constante, la distance parcourue sera directement proportionnelle au temps écoulé, on peut calculer le temps exact que durera un voyage quelconque.)

En quête

❶

- A) Poser la question suivante aux élèves :
- Quelle sera l'apparence d'un graphique vitesse vectorielle-temps pour un objet en accélération constante? (Le graphique sera une droite.)



Expliquer aux élèves que, puisque l'objet accélère à un taux constant, la vitesse vectorielle moyenne se situe au point milieu entre la vitesse vectorielle initiale et la vitesse vectorielle finale $\frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2}$.

Pour calculer l'aire du trapézoïde, on pourrait tracer une ligne au point milieu entre v_1 et v_2 . Cela crée un triangle sous la ligne avec une aire égale au triangle au-dessus de la ligne. Si on déplace le triangle qui est au-dessus de la ligne dans le triangle sous la ligne, on crée un rectangle. Donc, le point milieu des deux vitesses vectorielles est égal à la moyenne de v_1 et v_2 et :

$$\Delta d = \text{aire} = \text{hauteur} \times \text{base} = \left(\frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right) \Delta t$$

$$\Delta d = \left(\frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right) \Delta t$$

(On se rappelle que l'aire sous un graphique de vitesse vectorielle-temps est égale au déplacement.)

B) Donner aux élèves des exemples de problèmes qui nécessitent deux ou trois étapes pour trouver la solution (voir annexe 16).

En fin

1 Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes dans leur carnet scientifique :

- *Qu'est-ce que vous avez appris au sujet de la résolution de problèmes?*
- *Avez-vous d'autres questions?*

OU

2 Inviter les élèves à résoudre des problèmes semblables à ceux de l'annexe 16 dans leur carnet scientifique en utilisant la technique des notes explicatives (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.14 et 13.15).

Stratégies d'évaluation suggérées

- 1 Inviter les élèves à démontrer à l'aide d'un graphique qu'on peut calculer le déplacement par $\Delta d = \left(\frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right) \Delta t$.
- 2 Inviter les élèves à compléter l'exercice de l'annexe 17.

Réponses :

1. a) 142 m
b) 2,72 m/s²
2. a) 5,41 s
b) 13,52 s
3. 220 m
4. 5 m/s²
5. 1,6 m
6. 0,18 m/s²
7. 53 m
8. a) 19 m
b) 7,5 m/s
c) 110 m
d) 6,8 m
e) 136 m
9. 1,7 s

Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc D
**La dynamique – Quatre
forces fondamentales
de la nature**

L'élève sera apte à :

S3P-3-08 nommer les quatre forces
fondamentales de la
nature;
RAG : D6, E1

S3P-0-4b travailler en coopération
pour rassembler des
connaissances antérieures,
exprimer et échanger des
idées, mener une étude
scientifique, résoudre des
problèmes et examiner des
enjeux.
RAG : C7

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Poser les questions suivantes
aux élèves :

- *Qu'est-ce qui produit une force?*
- *Faut-il que deux objets se touchent pour qu'il y ait une force?*
- *Faut-il que quelque chose bouge s'il y a une force?*
- *Connaissez-vous différents types de forces?*

En 3^e année, les élèves ont défini la force comme étant une poussée ou une traction. En 6^e année, les élèves ont étudié la force de gravité ainsi que l'interaction entre l'électricité et le magnétisme. En secondaire 2, les élèves ont étudié les trois lois de Newton en termes qualitatifs.

En quête

❶

Diviser la classe en groupes d'experts selon la stratégie Jigsaw (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.21). Assigner à chaque groupe une des forces fondamentales.

Inviter les élèves à faire une courte recherche au sujet de leur force et à compléter un cadre de concept afin de décrire leur type de force avec des exemples (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p.11.23-11.25). Vérifier les cadres de chaque groupe d'experts, faisant des corrections ou des ajouts s'il y a lieu. Pour s'assurer que chaque membre du groupe d'experts est en mesure d'expliquer son sujet, inviter les élèves à donner une explication à tour de rôle à l'intérieur du groupe d'experts. Former ensuite des groupes hétérogènes (« familles ») pour le partage des connaissances.

La **force nucléaire forte** est une force d'attraction qui maintient les protons et les neutrons dans le noyau d'un atome. Elle est assez forte pour surmonter la force de répulsion entre deux protons mais son étendue est seulement d'environ 10^{-15} m (taille d'un noyau). La **force nucléaire faible** est une force exercée entre toute particule subatomique et est à l'origine de la désintégration nucléaire. La **force gravitationnelle** est une force d'attraction entre tous les objets. La **force électromagnétique** est la force exercée par des particules ayant une charge.

En fin

❶

Inviter les élèves à compléter une autoévaluation de leur travail de groupe (voir l'annexe 18).



Stratégies d'évaluation suggérées

- ❶ Donner des exemples décrivant l'effet de forces et inviter les élèves à reconnaître la force en question.
- ❷ Inviter les élèves à compléter un cadre de comparaison pour comparer deux des forces fondamentales.
- ❸ Ramasser l'autoévaluation des élèves.

Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc E La dynamique – Deuxième loi de Newton

L'élève sera apte à :

S3P-3-09 mener une expérience pour démontrer la deuxième loi de Newton
 $(\vec{F}_{\text{nette}} = m \times \vec{a})$;
RAG : C2, D4

S3P-3-10 définir le newton comme unité de mesure de la force;
RAG : C2, D4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

1 Inviter les élèves à se remémorer leurs connaissances des trois lois de Newton. Utiliser la technique « chaîne de graffitis coopératifs » (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.16).

En secondaire 2, les élèves ont étudié les trois lois de Newton en termes qualitatifs. En 8^e année, les élèves ont étudié le poids et la masse.

OU

Proposer aux élèves de faire l'activité à l'annexe 19, qui démontre comment les trois lois de Newton sont impliquées dans le lancement d'une fusée.

En quête

1 A) Proposer aux élèves de mener une expérience afin d'étudier de façon quantitative la deuxième loi de Newton (voir l'annexe 20). Leur indiquer qu'ils doivent compléter un rapport d'expérience (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.28, 11.29, 11.38 et 11.39). Une expérience de ce genre comprend habituellement un montage dans lequel une force nette connue agit sur une masse connue. On peut mesurer l'accélération à l'aide d'une sonde de mouvement ou d'un minuteur-enregistreur, ou par analyse vidéo. On peut mesurer les forces à l'aide d'une sonde de force, d'un dynamomètre ou d'une force gravitationnelle (masse) connue.

Partie A : Masse constante, force variable

Inviter les élèves à augmenter la force en ajoutant des masses à la ficelle et à mesurer l'accélération du chariot. Ils doivent ensuite tracer le graphique de l'accélération en fonction de la force. Les élèves devaient reconnaître la proportionnalité suivante :

$$\vec{a} \propto \vec{F}$$

La masse totale du système doit rester constante, donc si on ajoute une certaine masse à la ficelle, il faut en enlever autant au chariot.

Partie B : Force constante, masse variable

Inviter les élèves à répéter les essais, cette fois en augmentant la masse sur le chariot. Ils doivent ensuite tracer le graphique de l'accélération en fonction de la masse. Les élèves devaient identifier la proportionnalité suivante :

$$\vec{a} \propto \frac{1}{m}$$

On ne doit pas ajouter des masses à la ficelle, car il faut que la force vers le bas soit constante. On peut tout simplement augmenter la masse du chariot à chaque essai.

Les élèves devraient obtenir la relation suivante lorsqu'ils combinent les deux relations de proportionnalité :

$$\vec{a} \propto \frac{\vec{F}}{m} \text{ donc } \vec{F} \propto m \vec{a} \text{ donc } \vec{F} = km \vec{a} .$$

Indiquer aux élèves que l'équation suivante représente la deuxième loi de Newton :

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Puisqu'il n'existait pas encore d'unité de force lorsque cette relation de proportionnalité a été déterminée, on a défini la constante comme étant égale à 1. Expliquer aux élèves que l'unité du Système International pour la force peut être dérivée à partir de cette équation.



S3P-0-2e évaluer la pertinence, la fiabilité et l'adéquation des données et des méthodes de collecte de données, entre autres les sources d'erreur et l'écart dans les résultats;
RAG : C5, C8

S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;
RAG : C6, C7

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables.
RAG : C3, C8

$$m = \text{kg} \text{ et } \vec{a} = \text{m/s}^2 \text{ donc } \vec{F} = \text{kgm/s}^2$$

On donne le nom newton (N) à la force nécessaire pour accélérer une masse de 1 kg à un taux de 1 m/s².

Le nom des unités de mesure commence toujours par une minuscule. Le symbole porte une majuscule si l'unité est nommée en honneur d'une personne (K, N, T,...) La seule exception est le symbole du litre qui porte une majuscule pour ne pas être confondu avec le nombre 1.

En fin

❶

Discuter des questions suivantes :

- Pourquoi était-il important que la masse du système soit toujours identique pour tous les essais de la partie I de l'expérience?
- Comment la représentation graphique aide-t-elle à déterminer les relations entre les variables lorsqu'on fait une étude scientifique?

Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Évaluer le rapport d'expérience des élèves à l'aide d'une grille d'évaluation (voir l'annexe 21). Porter une attention particulière aux sources d'erreurs indiquées par les élèves, à la construction des graphiques et à l'analyse des relations entre les variables.

❷

Inviter les élèves à résoudre des problèmes à l'aide de la deuxième loi de Newton.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc F La dynamique – Force nette et diagrammes de forces

L'élève sera apte à :

S3P-3-11 définir « \vec{F}_{nette} » comme étant la somme vectorielle de toutes les forces s'exerçant sur un corps, entre autres la force de frottement, la force normale, la force gravitationnelle, les forces appliquées;
RAG : C2, D4

S3P-3-12 tracer des diagrammes de forces pour déterminer la force nette agissant sur des objets en situations diverses, entre autres les forces équilibrées et non équilibrées, les plans inclinés;
RAG : C2, C6

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

Inviter les élèves à discuter des questions suivantes :

- La première loi de Newton indique qu'un objet en mouvement continue à se déplacer à moins qu'une force ne s'exerce sur lui. Si vous donnez une poussée à une petite voiture, cette dernière va-t-elle se déplacer sans arrêt?
- Si vous posez un livre sur une table, le livre ne bouge pas. Cela veut-il dire qu'il n'y a aucune force exercée sur le livre?

En quête

A) Expliquer aux élèves que la **force nette** est la somme vectorielle de toutes les forces s'exerçant sur un corps.

Revoir les questions de la section « En tête ». S'assurer que les élèves arrivent aux constatations suivantes :

- Lorsqu'on donne une poussée à une petite voiture, cette dernière va finir par s'arrêter, car la force de frottement entre les roues et la surface horizontale agit dans la direction opposée à son mouvement. S'il n'y avait aucune force agissant sur la voiture, cette dernière continuerait à se déplacer à vitesse constante. Il y a aussi la force gravitationnelle qui agit sur la voiture vers le bas, et la force normale exercée par la surface sur la voiture. Cette force est égale et opposée à la force gravitationnelle (troisième loi de Newton).

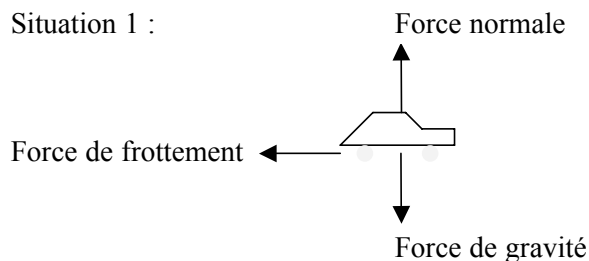
- Quand on pose un livre sur une table, ce dernier subit des forces, même s'il n'est pas en mouvement. La force gravitationnelle attire le livre vers le sol, mais la table exerce sur le livre une force égale mais en direction opposée (**force normale**). La force nette exercée sur le livre est donc nulle, et le livre ne subit aucun mouvement.

Les diagrammes de forces sont des diagrammes de vecteurs de force agissant sur un objet. Les élèves devraient tenir compte de la **force gravitationnelle**, de la **force normale**, de la **force de frottement** et des **forces appliquées** lorsqu'ils dessinent des diagrammes de forces.

Dans un diagramme de forces, la force de gravité pointe toujours vers le bas. La force normale est toujours perpendiculaire à la surface avec laquelle l'objet est en contact (en mathématique, « normale » est synonyme de « perpendiculaire »). Elle représente la force de réaction de la surface sur laquelle repose l'objet. Pour un objet sur un plan incliné, la force normale est perpendiculaire à la pente. La force de frottement est toujours parallèle à la surface de contact et s'oppose habituellement au mouvement de l'objet. Les forces appliquées représentent toute poussée ou toute traction exercée sur un objet.

B) Introduire les diagrammes de forces aux élèves pour démontrer qu'il peut y avoir plusieurs forces agissant sur un objet même si cela ne semble pas évident. Les forces s'additionnent pour donner une force nette. Inviter les élèves à dessiner un diagramme de forces pour les deux situations décrites dans la section « En tête ». Revoir ces diagrammes afin de s'assurer que les élèves ont bien compris. Les élèves devraient obtenir les diagrammes suivants :

Situation 1 :



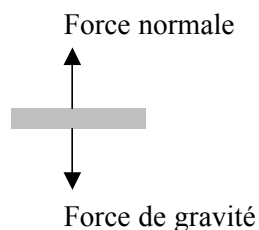
S3P-3-13 résoudre des problèmes au moyen de la deuxième loi de Newton et des équations de la cinématique dont il a été question ci-dessus (S3P-3-07), entre autres les forces appliquées sur la même droite et à angles droits;
RAG : C2, C6

S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;
RAG : C6, C7

S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs, entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs.
RAG : C2, C3

Une fois que vous laissez aller la voiture, aucune force de poussée n'est exercée sur elle. La voiture finit par s'arrêter à cause de la force de frottement, qui s'oppose à son mouvement. La force normale et la force gravitationnelle sont de grandeurs égales mais sont exercées en direction opposée, donc elles s'annulent.

Situation 2 :



Distribuer la feuille de travail de l'annexe 22, qui présente des situations où des forces sont exercées sur un objet. Inviter les élèves à remplir cette feuille de travail et faire une mise en commun des réponses. Le corrigé figure à l'annexe 23. Revoir au besoin l'addition des vecteurs qui a été étudiée dans le bloc A. S'assurer que les élèves peuvent déterminer les composantes des vecteurs (voir l'annexe 24).

C) Inviter les élèves à résoudre des problèmes au moyen de la deuxième loi de Newton et des équations de déplacement, de vitesse vectorielle et d'accélération. Leur indiquer que les diagrammes de forces leur permettront de déterminer la force nette exercée sur un objet et que les équations présentées lors du regroupement leur permettront de résoudre les problèmes. Voir l'annexe 25 pour des exemples de ce type de problème.

En fin

Inviter les élèves à répondre à la question suivante dans leur carnet scientifique :

- Comment les diagrammes de forces peuvent-ils aider lors de la résolution de problèmes?

Stratégies d'évaluation suggérées

- Inviter les élèves à remplir une feuille de travail semblable à celle de l'annexe 22.
- Inviter les élèves à résoudre des problèmes semblables à ceux de l'annexe 25, au moyen des diagrammes de forces, et des équations de cinématique, à l'aide de la technique des notes explicatives (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.14 et 13.15).
- Inviter les élèves à rédiger leurs propres problèmes et à les échanger avec un autre élève.

LISTE DES ANNEXES

| | | |
|-------------|---|------|
| Annexe 1 : | L'addition et la soustraction de vecteurs – Renseignements pour l'élève | 3.31 |
| Annexe 2 : | Exercice – La position, le déplacement et la distance | 3.37 |
| Annexe 3 : | La position, le déplacement et la distance – Corrigé | 3.39 |
| Annexe 4 : | Un trajet vectoriel | 3.42 |
| Annexe 5 : | Exercice – La vitesse et l'accélération | 3.43 |
| Annexe 6 : | La vitesse et l'accélération – Corrigé | 3.45 |
| Annexe 7 : | L'analyse graphique du mouvement – Renseignements pour l'enseignant | 3.47 |
| Annexe 8 : | Feuille de route – Le mouvement | 3.48 |
| Annexe 9 : | Exercice – L'analyse graphique du mouvement | 3.51 |
| Annexe 10 : | L'analyse graphique du mouvement – Corrigé | 3.53 |
| Annexe 11 : | La transformation de graphiques | 3.55 |
| Annexe 12 : | Exercice – La transformation de graphiques | 3.59 |
| Annexe 13 : | Test – Les graphiques de la position en fonction du temps | 3.60 |
| Annexe 14 : | Test – La vitesse vectorielle et l'accélération | 3.63 |
| Annexe 15 : | Grille d'observation – Les habiletés et les attitudes scientifiques..... | 3.66 |
| Annexe 16 : | La résolution de problèmes – Renseignements pour l'élève | 3.67 |
| Annexe 17 : | Exercice – La résolution de problèmes..... | 3.70 |
| Annexe 18 : | Autoévaluation de la technique « Jigsaw » | 3.71 |
| Annexe 19 : | La fusée et les lois de Newton | 3.72 |
| Annexe 20 : | Expérience – La deuxième loi de Newton | 3.75 |
| Annexe 21 : | Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience | 3.77 |
| Annexe 22 : | Exercice – Les forces | 3.78 |
| Annexe 23 : | Les forces – Corrigé | 3.80 |
| Annexe 24 : | Les composantes de vecteurs | 3.83 |
| Annexe 25 : | Exercice – La résolution de problèmes..... | 3.84 |



ANNEXE 1 : L'addition et la soustraction de vecteurs – Renseignements pour l'élève

Nom : _____

Date : _____

Les grandeurs vectorielles sont des valeurs qui comprennent un nombre, une unité et une orientation. Des exemples de grandeurs vectorielles sont le déplacement, l'accélération, la force et la vitesse vectorielle.

Les grandeurs vectorielles sont souvent représentées par des flèches nommées vecteurs. La flèche a une orientation compatible avec celle de la quantité vectorielle. Puisque les vecteurs représentent souvent des valeurs trop grandes ou trop petites pour être placés sur une page, tu dois utiliser une échelle lorsque tu les dessines.

Exemple :

$$1 \text{ cm} = 5 \text{ m} \quad \xrightarrow{15 \text{ m [E]}}$$

Addition de vecteurs en une dimension

Lorsque tu additionnes des vecteurs qui sont orientés dans la même direction, tu peux simplement additionner les valeurs.

Exemple :

Une personne marche 2 km [E] et s'arrête pour se reposer. Elle marche ensuite un autre 3 km [E].

$$\vec{\Delta d}_1 = 2 \text{ km [E]} \quad \xrightarrow{\hspace{2cm}} \quad \text{échelle : 1 cm = 1 km}$$

$$\vec{\Delta d}_2 = 3 \text{ km [E]} \quad \xrightarrow{\hspace{2cm}}$$

$$\vec{\Delta d}_t = \vec{d}_1 + \vec{d}_2$$

$$\vec{\Delta d}_t = 2 \text{ km [E]} + 3 \text{ km [E]} \quad \xrightarrow{\hspace{2cm}} \quad \begin{array}{c} \xrightarrow{2 \text{ km [E]}} \\ \xrightarrow{3 \text{ km [E]}} \end{array}$$

$$\vec{\Delta d}_t = 5 \text{ km [E]} \quad \xrightarrow{\hspace{2cm}} \quad \xrightarrow{5 \text{ km [E]}}$$



**ANNEXE 1 : L'addition et la soustraction de vecteurs –
Renseignements pour l'élève (suite)**

Pour l'addition de vecteurs qui sont orientés dans des directions opposées, on doit changer le signe d'un des vecteurs afin qu'ils aient la même orientation.

Exemple :


Une personne marche 2 km [E] et s'arrête pour se reposer. Elle marche ensuite 3 km [O].

$\vec{\Delta d}_1 = 2 \text{ km [E]}$  échelle : 1 cm = 1 km

$\vec{\Delta d}_2 = 3 \text{ km [O]}$ 

$\vec{\Delta d}_t = \vec{d}_1 + \vec{d}_2$

$\vec{\Delta d}_t = 2 \text{ km [E]} + (-3 \text{ km [E]})$ 

$\vec{\Delta d}_t = -1 \text{ km [E]} = 1 \text{ km [O]}$ 

Soustraction de vecteurs en une dimension

Lorsque tu soustrais des vecteurs qui sont orientés dans la même direction, tu peux simplement soustraire les valeurs.

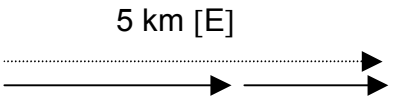
Exemple :

Un avocat part de son bureau et fait un voyage en deux déplacements. Le premier déplacement est de 3 km vers l'est. La destination de son voyage est à 5 km à l'est de son bureau. Calcule son second déplacement.

$d_1 = 3 \text{ km [E]}$  échelle : 1 cm = 1 km

$d_t = 5 \text{ km [E]}$ 

$d_2 = d_t - d_1$

$d_2 = 5 \text{ km [E]} - 3 \text{ km [E]}$ 

$d_2 = 2 \text{ km [E]}$

ANNEXE 1 : L'addition et la soustraction de vecteurs – Renseignements pour l'élève (suite)

Pour la soustraction de vecteurs qui sont orientés dans des directions opposées, on doit changer le signe d'un des vecteurs afin qu'ils aient la même orientation.

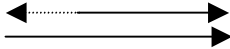
Exemple :

Une personne marche 2 km [E] et s'arrête pour se reposer. Son déplacement final est de 1 km [O]

$d_1 = 2 \text{ km [E]}$  échelle : 1 cm = 1 km

$d_t = 1 \text{ km [O]}$ 

$d_2 = d_t - d_1$

$d_2 = 2 \text{ km [E]} - (-1 \text{ km [O]})$ 

$d_2 = 3 \text{ km [E]}$

Addition de vecteurs en deux dimensions (angle droit)

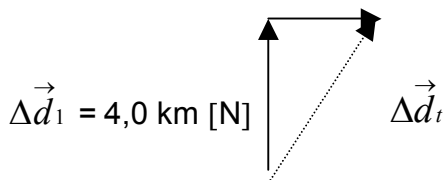
Lorsque tu additionnes des vecteurs en deux dimensions, tu dois tenir compte de l'orientation. Tu ne peux pas simplement additionner les valeurs numériques des vecteurs.

Exemple :

Si une femme marche 4,0 km [N] puis 3,0 km [E], quel sera son déplacement?

Le déplacement final est déterminé en plaçant les vecteurs de façon à ce que la queue du second vecteur commence à la pointe du premier. Le vecteur résultant (déplacement total) débute à l'origine du premier vecteur et se termine à la pointe du second.

$\Delta \vec{d}_2 = 3,0 \text{ km [E]}$ Échelle : 1 cm = 2 km



ANNEXE 1 : L'addition et la soustraction de vecteurs – Renseignements pour l'élève (suite)

En créant un dessin à l'échelle, tu peux mesurer le déplacement total, ainsi que l'orientation de ce déplacement à l'aide d'un rapporteur. Tu peux aussi utiliser la trigonométrie pour solutionner ce problème.

Le théorème de Pythagore te permet de calculer le déplacement.

$$(\Delta d_t)^2 = (\Delta d_1)^2 + (\Delta d_2)^2$$

$$|\Delta \vec{d}_t| = \sqrt{(4,0\text{km})^2 + (3,0\text{km})^2}$$

$$|\Delta \vec{d}_t| = \sqrt{(16\text{km})^2 + (9,0\text{km})^2}$$

$$|\Delta \vec{d}_t| = \sqrt{25\text{km}^2}$$

$$|\Delta \vec{d}_t| = 5,0\text{km}$$

Le théorème de Pythagore ne détermine que la grandeur du déplacement. On emploie donc le symbole $|\Delta \vec{d}|$ car la valeur absolue d'une quantité vectorielle désigne uniquement sa valeur.

Pour déterminer la direction du déplacement, voici la façon de procéder :

$$\tan \theta = \frac{\text{opp}}{\text{adj}}$$

$$\tan \theta = \frac{3,0\text{km}}{4,0\text{km}}$$

$$\tan \theta = 0,75$$

$$\theta = 37^\circ$$

Le déplacement total est donc de 5,0 km [N 37 °E]*.

*La notation des angles est différente dans différents textes. Ton enseignant t'indiquera la façon que tu dois écrire les directions.



ANNEXE 1 : L'addition et la soustraction de vecteurs – Renseignements pour l'élève (suite)

Soustraction de vecteurs en deux dimensions (angle droit)

Lorsque tu soustrais des vecteurs en deux dimensions, tu dois aussi tenir compte de leur direction, tout comme l'addition.

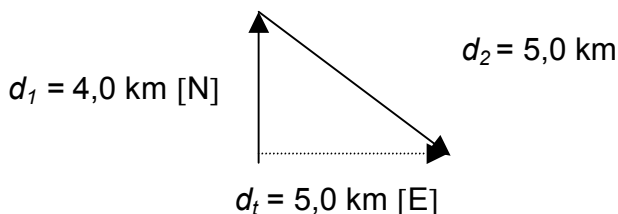
Exemple :

Si une femme marche 4,0 km [N] et que son déplacement final a une valeur de 3,0 km [E], calcule son second déplacement.

Le second déplacement est déterminé en plaçant les vecteurs de façon à ce que la queue du second vecteur commence à la queue du premier. Le vecteur résultant (second déplacement) débute à la pointe du premier vecteur et se termine à la pointe du vecteur représentant le déplacement total.

*Lorsque tu soustrais des vecteurs, tu dois placer les vecteurs de façon à ce que la queue du second vecteur commence à la queue du premier.

Échelle : 1 cm = 2 km



En créant un dessin à l'échelle, tu peux mesurer le second déplacement, ainsi que la direction de ce déplacement à l'aide d'un rapporteur. Tu peux aussi utiliser la trigonométrie pour solutionner ce problème.

Le théorème de Pythagore te permet de calculer le déplacement.

$$d_2^2 = d_t^2 + d_1^2$$

$$d_2^2 = (5,0 \text{ km})^2 + (4,0 \text{ km})^2$$

$$d_t^2 = 25 \text{ km}^2 + 16 \text{ km}^2$$

$$d_t^2 = 41 \text{ km}^2$$

$$d_t = 6,4 \text{ km}$$

ANNEXE 1 : L'addition et la soustraction de vecteurs – Renseignements pour l'élève (suite)

Pour déterminer la direction du déplacement, voici la façon de procéder :

$$\tan \theta = \frac{opp}{adj}$$

$$\tan \theta = \frac{5,0 \text{ km}}{4,0 \text{ km}}$$

$$\tan \theta = 1,3$$

$$\theta = 51^\circ$$

Le second déplacement a donc une valeur de 6,4 km [S 51 °E]

ANNEXE 2 : Exercice – La position, le déplacement et la distance

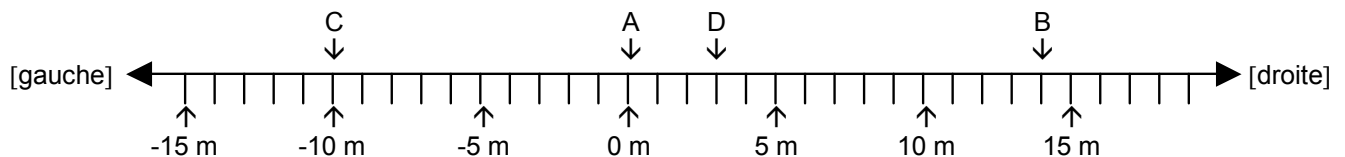
Nom : _____

Date : _____

1. Pour chacune des quantités qui suivent, indique s'il s'agit d'une grandeur scalaire ou d'une grandeur vectorielle :
- | | | |
|-----------------|------------------------|-------------|
| a) vitesse | d) vitesse vectorielle | g) distance |
| b) accélération | e) temps | h) position |
| c) déplacement | f) énergie | i) force |

2. Pour chacune des mesures qui suivent, indique s'il s'agit d'une quantité scalaire ou d'une quantité vectorielle :
- | | | |
|-----------------|------------|---------------|
| a) 34 km [nord] | c) 60 W | e) 77 N [bas] |
| b) 19 s | d) 50 km/h | f) 80 kg |

3. Une personne se déplace du point **A** jusqu'au point **D** en passant par le point **B** et le point **C**.



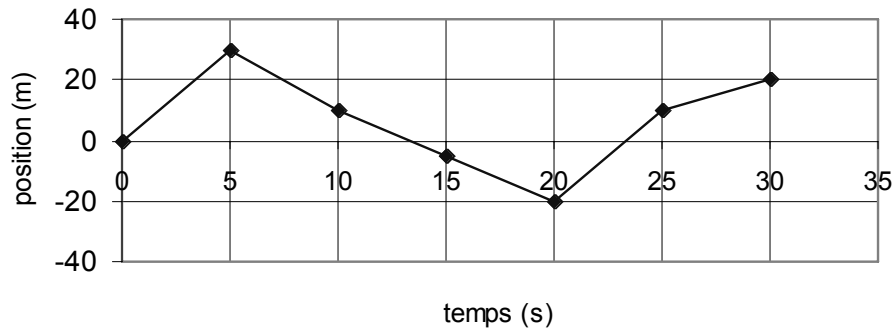
- a) Quelle est sa position au point B?
 b) Quelle est sa position au point C?
 c) Quel est son déplacement du point A au point B?
 d) Quel est son déplacement du point B au point C?
 e) Calcule la distance totale qu'elle parcourt.
 f) Calcule son déplacement total.
4. Une voiture voyage 50 km [N], 150 km [E], 50 km [S], puis 150 km [O].
 a) Calcule la distance voyagée.
 b) Calcule le déplacement.
5. Un camion voyage 18 km vers le nord, puis 24 km vers l'ouest.
 a) Calcule la distance voyagée.
 b) Calcule le déplacement.
6. Un coureur fait 3 tours d'une piste de 400 m.
 a) Calcule la distance courue.
 b) Calcule le déplacement.
7. Un train fait un premier déplacement de 300 km [N] et un autre déplacement inconnu. Il finit à 150 km au sud de son point de départ. Calcule le second déplacement.



ANNEXE 2 : Exercice – La position, le déplacement et la distance (suite)

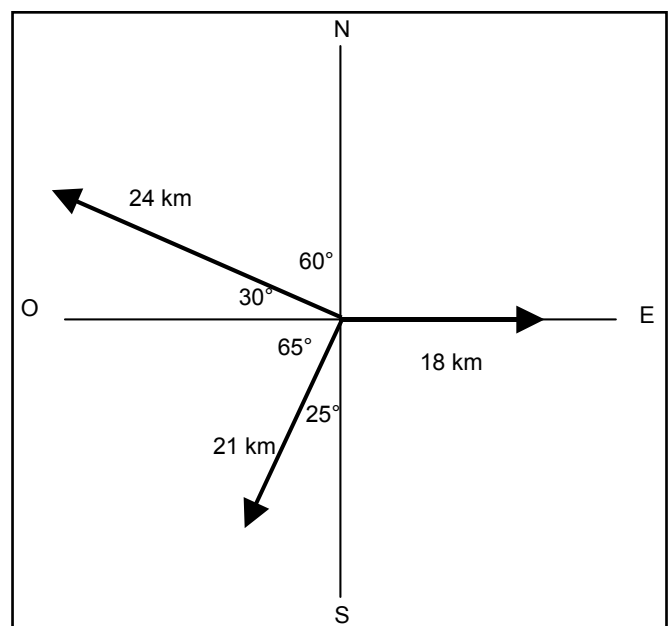
Réponds aux questions 8 à 14 à l'aide du graphique qui représente le déplacement d'un mobile.

La position d'un mobile en fonction du temps



8. Quelle variable constitue la variable dépendante? Comment le sais-tu?
9. Détermine la position du mobile aux instants suivants :
 - a) 5 s
 - b) 20 s
 - c) 30 s
10. Détermine le déplacement pendant les intervalles suivants :
 - a) 0 à 20 s
 - b) 10 à 25 s
 - c) 5 à 30 s

11. À quel instant le mobile se trouve-t-il le plus loin du point de départ?
12. À quels instants le mobile change-t-il de sens?
13. Calcule la distance totale parcourue par le mobile.
14. Calcule le déplacement total du mobile.
15. Détermine l'orientation des vecteurs illustrés dans le diagramme ci-contre.



ANNEXE 3 : La position, le déplacement et la distance – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 3 : La position, le déplacement et la distance – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 3 : La position, le déplacement et la distance – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 4 : Un trajet vectoriel

Nom : _____

Date : _____

But

Déterminer le déplacement entre deux points.

Matériel

Appareils de mesure tels qu'un mètre ou un mètre à ruban

Méthode

1. Choisissez un point de départ et un point d'arrivée.
2. Déterminez l'orientation (nord, sud, est ou ouest) de différentes parties de l'école, par exemple le devant de l'école ou le côté de l'école où est situé le gymnase.
3. À l'aide du mètre ou du mètre à ruban, mesurez les vecteurs nécessaires pour vous rendre du point de départ au point d'arrivée. N'oubliez pas l'orientation des vecteurs!
4. Utilisez les lignes sur le plancher afin maintenir la direction voulue.
5. Notez sur une feuille de papier tous les déplacements dans l'ordre où vous les avez mesurés, au dixième de mètre près. Notez aussi le point de départ que vous avez choisi.
6. Sur une autre feuille de papier, faites un dessin à l'échelle de tous les déplacements. Calculez aussi le déplacement total.
7. Échangez votre liste de déplacements avec un autre groupe. Essayez de déterminer le point d'arrivée choisi par l'autre groupe à l'aide de leurs déplacements.
8. Faites un dessin à l'échelle de ces déplacements et calculez le déplacement total.
9. Vérifiez avec l'autre groupe pour voir si vous avez identifié le bon point d'arrivée et si vos calculs sont corrects.

ANNEXE 5 : Exercice – La vitesse et l'accélération

Nom : _____

Date : _____

Représentation visuelle

- Une voiture a une fuite d'huile et laisse tomber une gouttelette à toutes les 20 secondes. Trace un diagramme des taches laissées sur une route rectiligne si ta voiture se déplace :
 - à vitesse constante;
 - avec un mouvement accéléré.

Représentation numérique

- Analyse les tableaux de données ci-dessous et détermine s'ils décrivent un mouvement uniforme ou un mouvement accéléré.

| d (m) | t (s) |
|-------|-------|
| 0 | 0 |
| 5 | 10 |
| 10 | 20 |
| 15 | 30 |

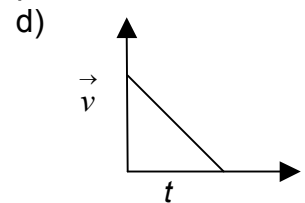
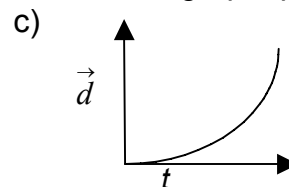
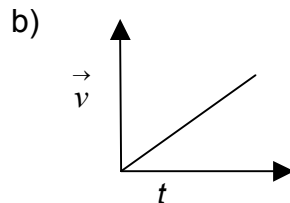
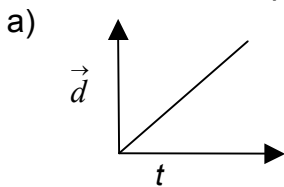
| v (m/s) | t (s) |
|---------|-------|
| 0 | 0 |
| 2 | 1 |
| 4 | 2 |
| 6 | 3 |

| d (m) | t (s) |
|-------|-------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |
| 4 | 2 |
| 9 | 3 |

| v (m/s) | t (s) |
|---------|-------|
| 15 | 0 |
| 15 | 4 |
| 15 | 8 |
| 15 | 12 |

Représentation graphique

- Trace un graphique de la position en fonction du temps qui représente :
 - une personne qui marche vers l'avant à vitesse constante;
 - une personne qui marche à la même vitesse, mais en sens contraire;
 - un objet qui est immobile.
- Décris en termes qualitatifs le mouvement représenté sur les graphiques qui suivent :

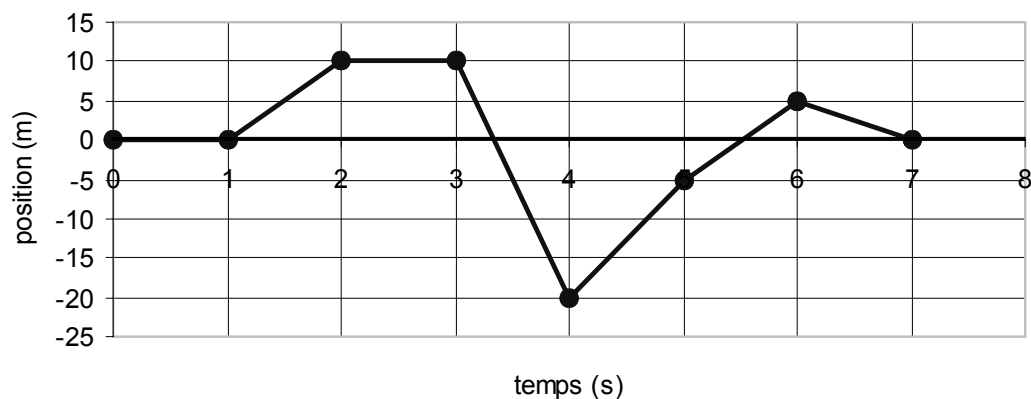


Représentation symbolique

- À l'aide du graphique qui suit, calcule la vitesse vectorielle de la voiture :
 - entre 1 et 2 secondes;
 - entre 2 et 3 secondes;
 - entre 3 et 4 secondes.

ANNEXE 5 : Exercice – La vitesse et l'accélération (suite)

La position d'un objet en fonction du temps



2. Un avion se déplace de 150 m en 36 s. Calcule sa vitesse vectorielle.

ANNEXE 6 : La vitesse et l'accélération – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 6 : La vitesse et l'accélération – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 7 : L'analyse graphique du mouvement – Renseignements pour l'enseignant

On peut commencer ce sujet d'étude en interprétant de façon qualitative la signification de la pente, puis en étudiant la pente à l'aide de rapports mathématiques.

Graphique de la position en fonction du temps

Pour un graphique de la position en fonction du temps, plus la pente est aiguë, plus l'objet se déplace rapidement. Si le graphique est une droite, le déplacement est proportionnel au temps écoulé ($\Delta \vec{d} \propto \Delta t$). Pour formuler une équation mathématique à partir de cette relation de proportionnalité, on doit remplacer le symbole \propto par un signe d'égalité (=) et ajouter une constante ($\Delta \vec{d} = k\Delta t$). La constante (k) représente le rapport entre le déplacement et le temps écoulé. On détermine la valeur de cette constante en calculant la pente de la droite. Une étude de ce rapport mène à la conclusion que sa valeur est élevée lorsque l'objet se déplace rapidement, et que sa valeur est petite lorsque l'objet se déplace lentement. Le calcul de la pente (et donc de la constante) donne la vitesse vectorielle moyenne qui est définie comme le taux de variation de la position en fonction du temps ($\Delta \vec{d} = \vec{v}_{\text{moy}} \Delta t$). Le terme « taux » représente la variation d'une quantité lors d'un intervalle de temps de une seconde. La formule pour la vitesse vectorielle moyenne est la suivante :

$$\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$$

Graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps

Si un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps est une droite, la variation de la vitesse vectorielle est proportionnelle au temps écoulé ($\Delta \vec{v} \propto \Delta t$, et $\Delta \vec{v} = k\Delta t$). La constante (k) représente le taux de variation de la vitesse vectorielle lors d'un intervalle de temps (accélération). Si le rapport entre la vitesse vectorielle et le temps a une valeur élevée, la vitesse vectorielle de l'objet varie rapidement. Si le rapport a une petite valeur, la vitesse vectorielle varie lentement. Le calcul de la pente (et donc de la constante) donne l'accélération moyenne de l'objet qui est définie comme le taux de variation de la vitesse vectorielle en fonction du temps ($\Delta \vec{v} = \vec{a}_{\text{moy}} \Delta t$). La formule pour l'accélération moyenne est la suivante :

$$\vec{a}_{\text{moy}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

L'aire entre la courbe et l'axe horizontal d'un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps représente le déplacement lors d'un intervalle de temps.

Graphique de l'accélération en fonction du temps

L'aire entre la courbe et l'axe horizontal d'un graphique de l'accélération en fonction du temps représente la variation de la vitesse vectorielle lors d'un intervalle de temps.



ANNEXE 8 : Feuille de route – Le mouvement

Nom : _____

Date : _____

But

- Déterminer la position d'une personne qui se déplace en ligne droite à différents instants.
- Interpréter un graphique de la position en fonction du temps afin de déterminer la distance parcourue, la vitesse, le déplacement et la vitesse vectorielle.

Matériel requis

- un couloir ou un terrain de 50 m de long
- chronomètres
- mètre à ruban

Partie A

Démarche

1. À l'aide du mètre à ruban, marquer des positions à intervalles de 5 m à partir d'une position initiale.
2. Poster un élève avec un chronomètre à tous les intervalles de 5 m.
3. Poster un élève à la position initiale. Lorsque cet élève se met à marcher, chaque élève doit partir son chronomètre.
4. L'élève doit marcher à vitesse constante le long du couloir. Lorsque l'élève atteint chaque chronométreur, ce dernier arrête son chronomètre.
5. Mettre en commun toutes les lectures des chronomètres.

Observations

1. Décris et dessine une représentation visuelle du mouvement de l'élève.
2. Note toutes les données dans un tableau.

| | | | | |
|--------------|--|--|--|--|
| temps (s) | | | | |
| position (m) | | | | |

3. Trace un graphique de la position en fonction du temps à partir des données. Trace la droite la mieux ajustée pour représenter la relation de proportionnalité.

Partie B

Démarche

1. Répète la même démarche, mais cette fois l'élève doit marcher plus vite.

Observations

1. Décris et dessine une représentation visuelle du mouvement de l'élève.
2. Note toutes les données dans un tableau.
3. À partir des données, trace un graphique de la position en fonction du temps sur le même diagramme, mais avec une couleur différente. Trace la droite la mieux ajustée pour représenter la relation de proportionnalité.

Partie C

Démarche

1. Répète la même démarche, mais cette fois l'élève doit courir à une vitesse constante.

ANNEXE 8 : Feuille de route – Le mouvement (suite)

Observations

1. Décris et dessine une représentation visuelle du mouvement de l'élève.
2. Note toutes les données dans un tableau.
3. À partir des données, trace un graphique de la position en fonction du temps sur le même diagramme, mais avec une troisième couleur. Trace la droite la mieux ajustée pour représenter la relation de proportionnalité.

Analyse (parties A, B et C)

1. Quel était le point de départ dans les trois essais?
2. D'après ta description des mouvements, en quoi les trois essais se ressemblent-ils?
3. En quoi les trois diffèrent-ils?
4. Quelles est la différence entre les trois courbes du graphique?

Partie D**Démarche**

1. Répéter la même démarche, mais cette fois l'élève doit commencer à la dernière position et marcher à vitesse constante jusqu'à la position initiale, donc faire le trajet inverse.

Observations

1. En tes propres mots, décris le mouvement de l'élève et dessines-en une représentation visuelle.
2. Note toutes les données dans un tableau.
3. À partir des données recueillies, trace un graphique de la position en fonction du temps sur le même diagramme, mais avec une quatrième couleur. Trace la droite la mieux ajustée pour représenter la relation de proportionnalité.

Analyse

1. En quoi cette quatrième courbe diffère-t-elle des trois autres?

Partie E**Démarche**

1. Poster deux chronomètres à la position de 10 m. Un élève part de la position 0 m, marche à vitesse constante et s'arrête à la position de 10 m. Le premier chronomètre arrête son chronomètre aussitôt que l'élève atteint la position. Après cinq secondes, le second chronomètre signale à l'élève de continuer sa marche jusqu'à la position de 20 m. L'élève repart mais marche à une vitesse plus lente.

Observations

1. En tes propres mots, décris le mouvement de l'élève et dessines-en une représentation visuelle.
2. Note toutes les données dans un tableau.
3. À partir des données, trace un graphique de la position en fonction du temps sur un autre diagramme que pour les parties A à D. Ne trace pas la droite la mieux ajustée pour le trajet entier. Trace plutôt la droite la mieux ajustée pour chaque segment du graphique.



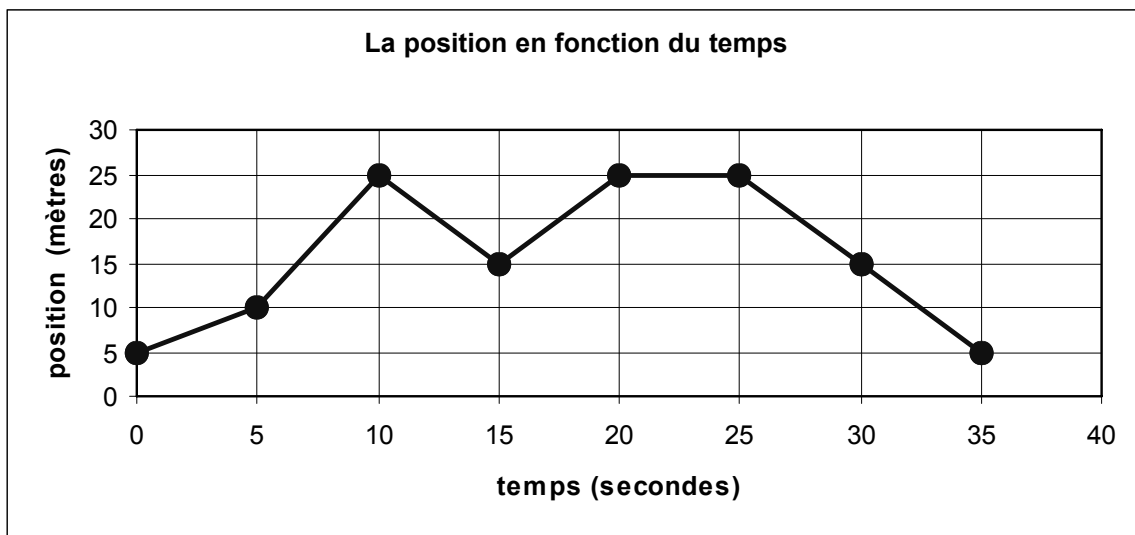
ANNEXE 8 : Feuille de route – Le mouvement (suite)

Analyse

1. En quoi les segments du graphique diffèrent-ils les uns des autres?
2. De quoi a l'air la courbe lorsque l'élève se déplace rapidement? lorsqu'il ne change pas de position? se déplace lentement?
3. Quelle information peux-tu obtenir **directement** d'un graphique de la position en fonction du temps?
4. Quelle information peux-tu obtenir en observant la courbe d'un graphique de la position en fonction du temps?

Conclusion

1. À partir du graphique, détermine la distance totale parcourue dans chaque essai (partie A à partie E).
2. À partir du graphique, détermine le temps qu'a pris chaque essai (partie A à partie E).
3. Calcule la vitesse moyenne dans chaque essai (partie A à partie E). Montre l'équation et le travail de chaque calcul.
4. À partir du graphique, détermine le déplacement total dans chaque essai (partie A à partie E).
5. Calcule la vitesse vectorielle moyenne dans chaque essai (partie A à partie E). Montre l'équation et le travail de chaque calcul.



Le graphique de la position en fonction du temps, ci-dessus, montre la position d'un juge de ligne lors d'un match de soccer. La position 0 se situe à la ligne des buts au bout sud du terrain. Toutes les autres positions sont marquées au nord de ce point d'origine.

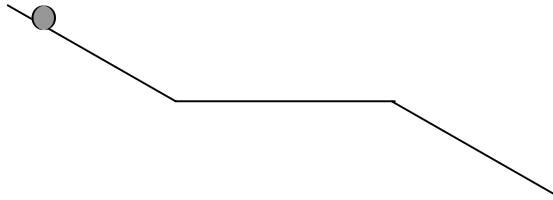
- a) Où commence le trajet du juge de ligne?
- b) À quels intervalles de temps le juge de ligne se déplace-t-il vers le nord? vers le sud? ne se déplace pas?
- c) Calcule la distance parcourue par le juge ainsi que son déplacement dans chaque intervalle de temps. N'oublie pas d'indiquer la direction du déplacement.
- d) Calcule la vitesse moyenne et la vitesse vectorielle moyenne du juge de ligne dans chaque intervalle de temps.

ANNEXE 9 : Exercice – L'analyse graphique du mouvement

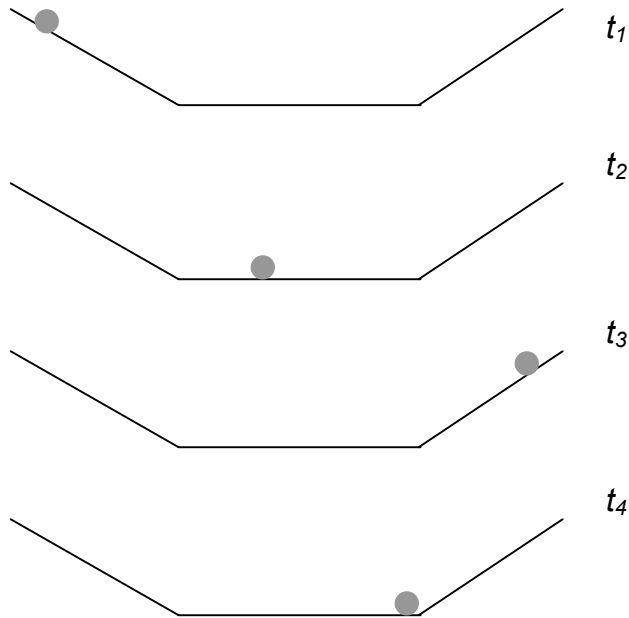
Nom : _____

Date : _____

1. Trace un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps pour représenter le mouvement d'une bille se déplaçant le long du trajet suivant.

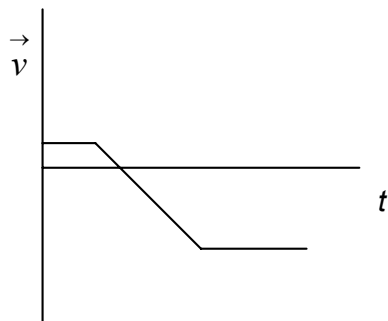


2. Les schémas suivants représentent la position d'une bille à divers moments de son trajet. Trace un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps qui représente ce mouvement.

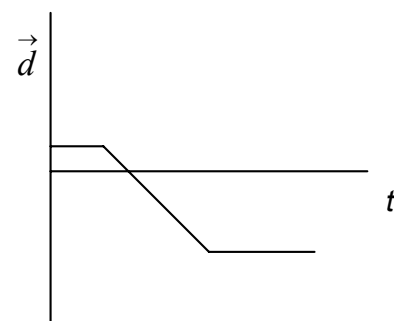


3. Décris le mouvement que représentent les graphiques suivants. Le sens positif indique un mouvement vers la droite.

a)



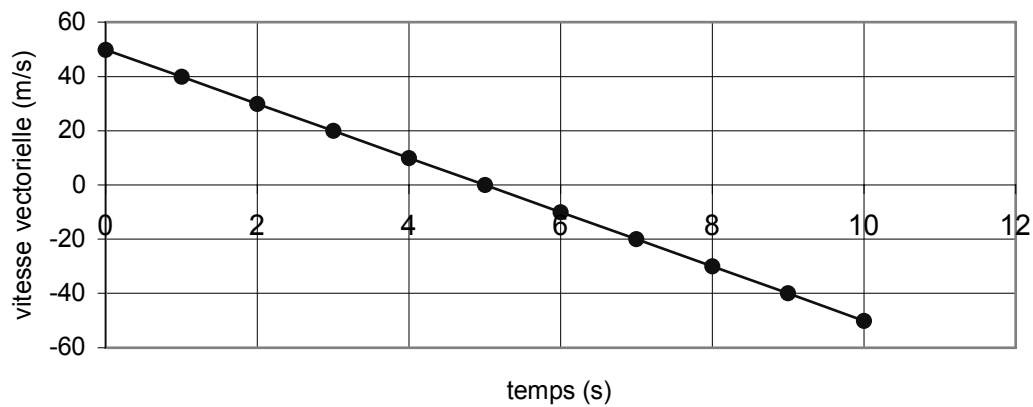
b)



ANNEXE 9 : Exercice – L'analyse graphique du mouvement (suite)

4. Le graphique qui suit représente le mouvement d'un objet lancé vers le haut suivi de sa chute.
- À quel instant l'objet est-il au sommet de sa trajectoire?
 - Quelle est l'accélération de l'objet quand il monte?
 - Quelle est l'accélération de l'objet quand il redescend?

La vitesse vectorielle en fonction du temps



ANNEXE 10 : L'analyse graphique du mouvement – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 10 : L'analyse graphique du mouvement – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 11 : La transformation de graphiques

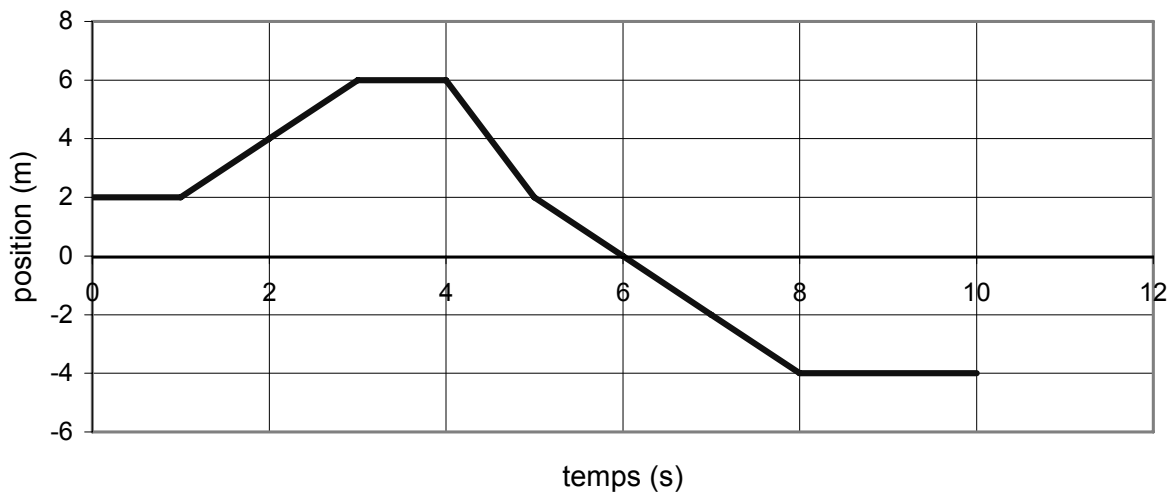
Nom : _____

Date : _____

1. Graphique vitesse vectorielle-temps à partir d'un graphique position-temps

On peut tracer un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps à partir d'un graphique de la position en fonction du temps en calculant la pente des différents segments de la courbe.

La position en fonction du temps



Le graphique ci-dessus comporte six segments, chacun constituant un mouvement uniforme. On peut donc calculer la pente des segments afin de déterminer la vitesse vectorielle. Cela nous permet de tracer un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps.

Voici le calcul de vitesse vectorielle dans chaque segment du trajet :

0 s à 1 s : L'objet ne change pas de position, donc la vitesse vectorielle est égale à 0 m/s.

$$1 \text{ s à } 3 \text{ s : } \vec{v} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{\vec{d}_2 - \vec{d}_1}{t_2 - t_1}, \vec{v} = \frac{6 \text{ m} - 2 \text{ m}}{3 \text{ s} - 1 \text{ s}} = \frac{4 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}$$

3 s à 4 s : L'objet ne change pas de position, donc la vitesse vectorielle est égale à 0 m/s.

$$4 \text{ s à } 5 \text{ s : } \vec{v} = \frac{2 \text{ m} - 6 \text{ m}}{5 \text{ s} - 4 \text{ s}} = \frac{-4 \text{ m}}{1 \text{ s}} = -4 \text{ m/s}$$

La vitesse vectorielle est négative car l'objet change de direction.

$$5 \text{ s à } 8 \text{ s : } \vec{v} = \frac{-4 \text{ m} - 2 \text{ m}}{8 \text{ s} - 5 \text{ s}} = \frac{-6 \text{ m}}{3 \text{ s}} = -2 \text{ m/s}$$

La vitesse vectorielle est négative.

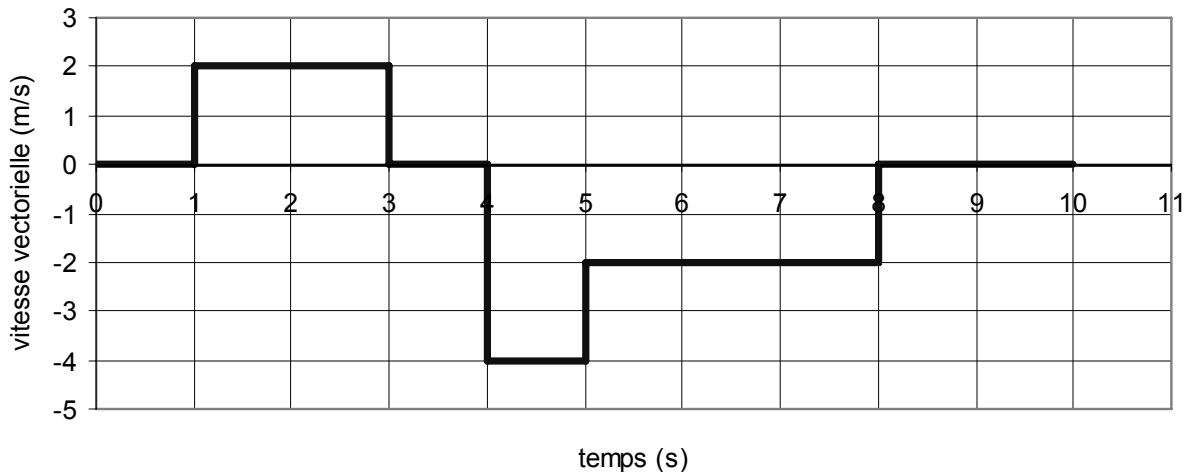
8 s à 10 s : L'objet ne change pas de position, donc la vitesse vectorielle est égale à 0 m/s.



ANNEXE 11 : La transformation de graphiques (suite)

Voici le graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps tracé à partir du graphique de la position en fonction du temps :

La vitesse vectorielle en fonction du temps

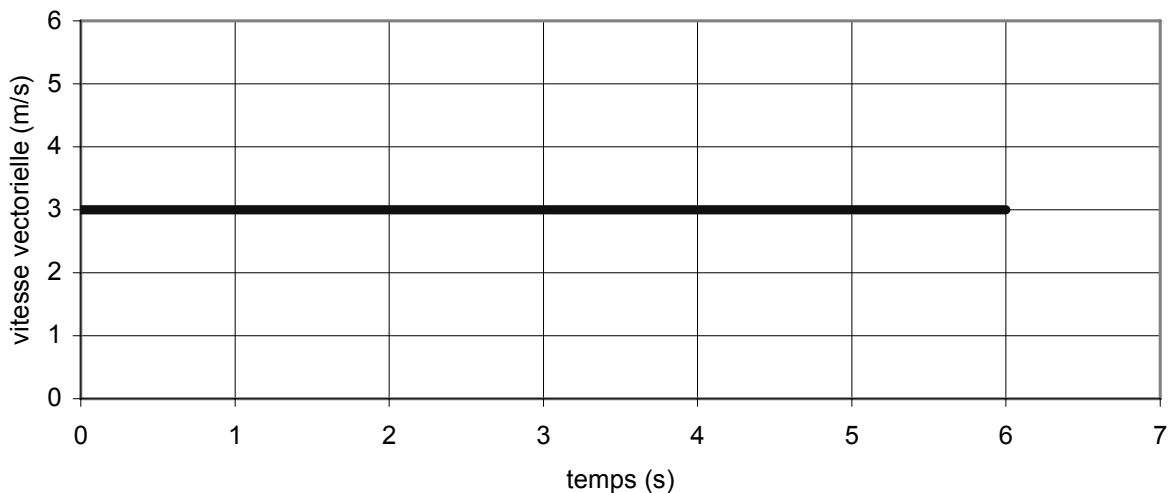


Si le mouvement n'est pas uniforme, il faut calculer la pente des tangentes pour déterminer la valeur des vitesses vectorielles.

2. Graphique position-temps à partir d'un graphique vitesse vectorielle-temps

Il est possible de déterminer le déplacement d'un objet à partir d'un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps. Le graphique qui suit indique un mouvement uniforme.

La vitesse vectorielle en fonction du temps



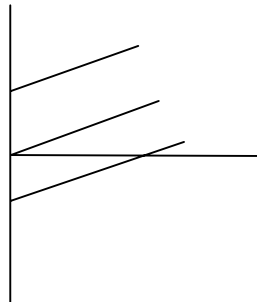
ANNEXE 11 : La transformation de graphiques (suite)

Lorsque la vitesse d'un objet est constante (mouvement uniforme), on peut calculer le déplacement à partir de la formule suivante : $\Delta \vec{d} = \vec{v} \times t$. Le graphique indique que l'objet se déplace à une vitesse vectorielle de 3 m/s pour une période de 6 s. Donc : $\Delta \vec{d} = \vec{v}t = 3 \text{ m/s} \times 6 \text{ s} = 18 \text{ m}$

La surface entre le graphique et l'axe horizontal représente aussi le déplacement :

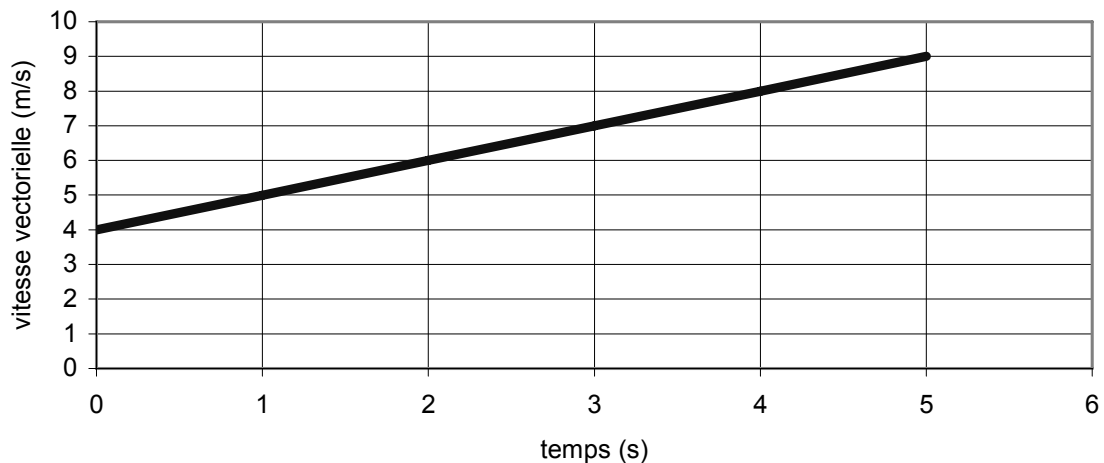
Surface = largeur x longueur = 3 m/s x 6 s = 18 m

Pour tracer le graphique position-temps, il faut connaître la position initiale. Voici trois courbes possibles. Remarque qu'elles ont toutes la même pente correspondant à la vitesse vectorielle du mobile.



Voici un graphique qui représente un objet dont la vitesse vectorielle varie de façon uniforme :

La vitesse vectorielle en fonction du temps



Pour calculer le déplacement, on peut encore calculer la surface sous la courbe. Cette fois, la surface sous la courbe n'a pas la forme d'un rectangle, mais plutôt d'un triangle et d'un rectangle. Le déplacement total peut donc être calculé en additionnant la surface du triangle et du rectangle.

$$\Delta \vec{d} = \text{aire (triangle)} + \text{aire (rectangle)} = \frac{1}{2}(5 \text{ m/s} \times 5 \text{ s}) + (4 \text{ m/s} \times 5 \text{ s}) = 12,5 \text{ m} + 20 \text{ m} = 32,5 \text{ m}$$

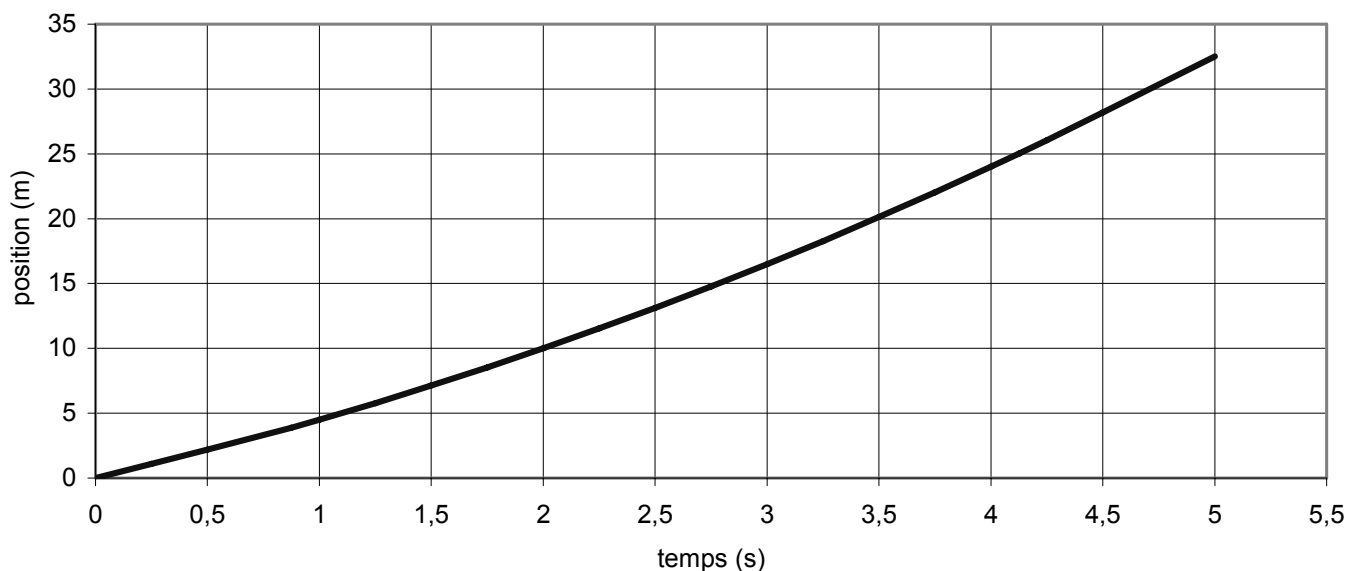
ANNEXE 11 : La transformation de graphiques (suite)

Pour tracer le graphique position-temps, il faut déterminer la position à toutes les secondes. Bien sûr, il faut aussi connaître la position initiale. On peut présenter ces données sous forme de tableau :

| temps (s) | position (m) |
|-----------|--------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 4,5 |
| 2 | 10 |
| 3 | 16,5 |
| 4 | 24 |
| 5 | 32,5 |

Voici le graphique position-temps tracé à l'aide de ces données.

La position en fonction du temps



3. Graphique accélération-temps à partir d'un graphique vitesse vectorielle-temps

On peut tracer un graphique de l'accélération en fonction du temps à partir d'un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps en calculant la pente des différents segments de la courbe. La pente de chaque segment représente l'accélération de l'objet lors de cet intervalle de temps (voir section 1).

4. Graphique vitesse vectorielle-temps à partir d'un graphique accélération-temps

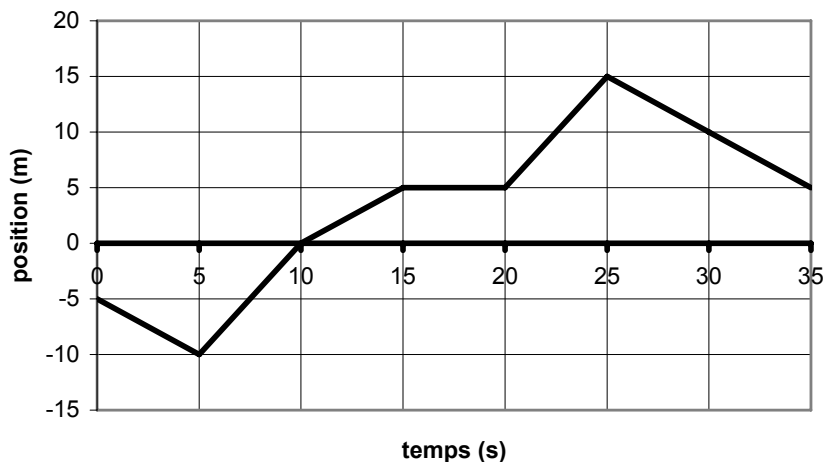
On peut tracer un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps à partir d'un graphique de l'accélération en fonction du temps en calculant la surface sous la courbe (voir section 2).

ANNEXE 12 : Exercice – La transformation de graphiques

Nom : _____

Date : _____

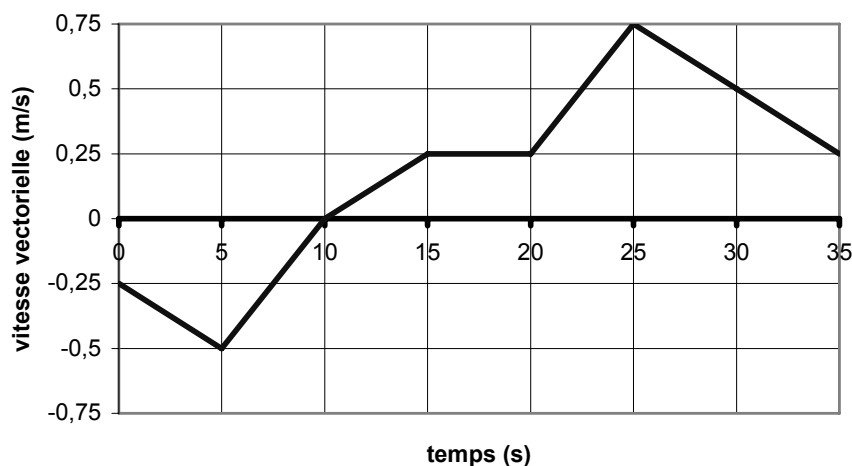
La position en fonction du temps



1.

- Calcule la vitesse vectorielle pour chaque intervalle de temps.
- Trace un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps correspondant au graphique de la position en fonction du temps.

La vitesse vectorielle en fonction du temps



2.

- Trace un graphique de la position en fonction du temps correspondant au graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps ci-dessus.
- Trace un graphique de l'accélération en fonction du temps à partir du graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps.
- Calcule l'accélération moyenne entre 5 s et 20 s.

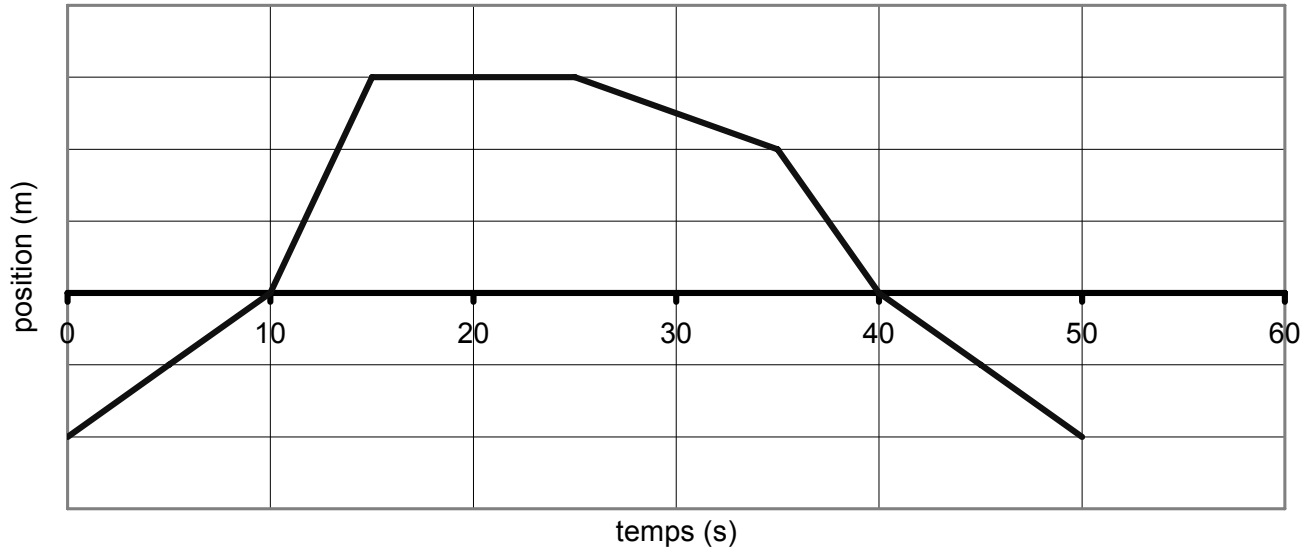
- Un ballon de basket-ball est lancé en l'air à la verticale. Le ballon ralentit en montant, s'arrête, puis redescend. Trace un graphique de la position en fonction du temps, de la vitesse vectorielle en fonction du temps, puis de l'accélération en fonction du temps pour ce mouvement.

ANNEXE 13 : Test – Les graphiques de la position en fonction du temps

Nom : _____

Date : _____

La position en fonction du temps



Le graphique de la position en fonction du temps, ci-dessus, représente le mouvement d'une voiture radiocommandée qui avance et recule en ligne droite. Le point d'origine (position 0) marque la position de l'enfant qui contrôle la voiture. Les positions à valeurs positives sont à la droite de l'enfant tandis que les positions à valeurs négatives sont à la gauche.

1. Pendant quels intervalles de temps la voiture est-elle à la droite de l'enfant?
2. Pendant quels intervalles de temps la voiture est-elle à la gauche de l'enfant?
3. Pendant quels intervalles de temps la voiture se déplace-t-elle en direction positive?
4. Pendant quels intervalles de temps la voiture se déplace-t-elle en direction négative?
5. Pendant quels intervalles de temps la voiture ne se déplace-t-elle pas?
6. Quelle est la position de la voiture à :
 - a) 0 seconde?
 - b) 15 secondes?
 - c) 30 secondes?
 - d) 45 secondes?
7. À quels instants la voiture passe-t-elle devant l'enfant?
8. Décris le mouvement de la voiture durant tout son trajet.

ANNEXE 13 : Test – Les graphiques de la position en fonction du temps (suite)

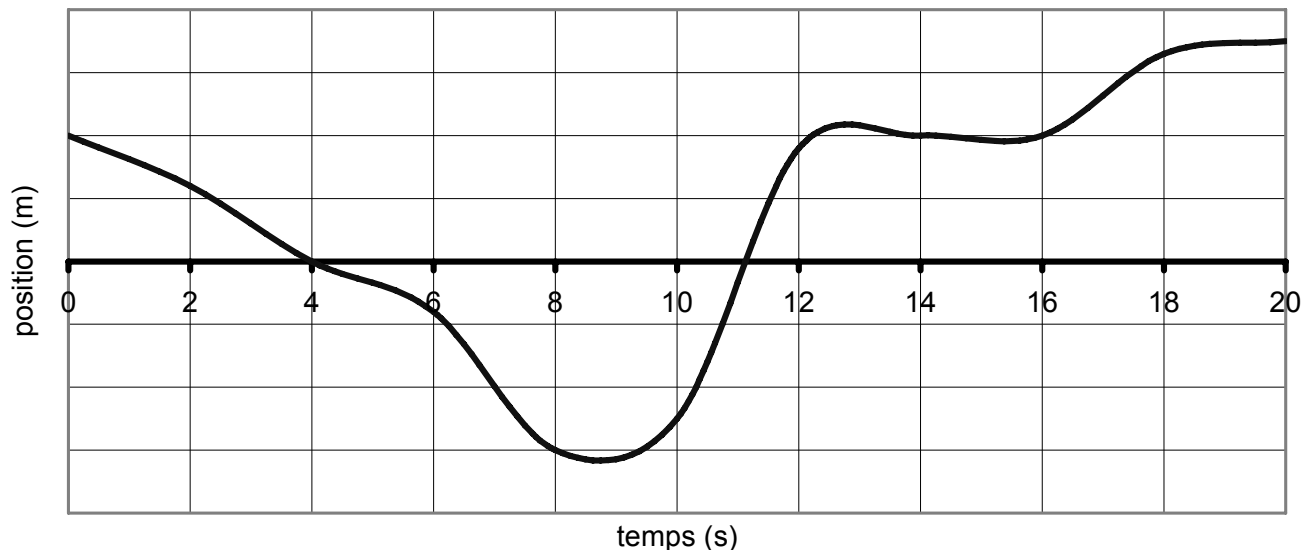
9. Quelle est la distance parcourue par la voiture pendant les intervalles de temps suivants :
- 0 s-10 s
 - 10 s-15 s
 - 15 s-25 s
 - 25 s-35 s
 - 35 s-40 s
 - 40 s-50 s
10. Quel est le déplacement de la voiture pendant les intervalles de temps suivants :
- 0 s-10 s
 - 10 s-15 s
 - 15 s-25 s
 - 25 s-35 s
 - 35 s-40 s
 - 40 s-50 s
11. Calcule la vitesse moyenne pour les intervalles de temps suivants :
- 0 s-10 s
 - 10 s-15 s
 - 15 s-25 s
 - 25 s-35 s
 - 35 s-40 s
 - 40 s-50 s
12. Calcule la vitesse vectorielle moyenne pour les intervalles de temps suivants :
- 0-10 s
 - 10-15 s
 - 15-25 s
 - 25-35 s
 - 35-40 s
 - 40-50 s
13. En termes du mouvement de la voiture, que signifie :
- une vitesse vectorielle négative?
 - une vitesse vectorielle positive?
 - une vitesse vectorielle nulle?
14. Dessine une corde qui relie la position initiale de la voiture à sa position finale. Calcule la pente de cette corde. Que représente-t-elle?
15. Calcule la distance parcourue par la voiture lors de son trajet.



ANNEXE 13 : Test – Les graphiques de la position en fonction du temps (suite)

16. Calcule la vitesse moyenne de la voiture.
17. Calcule la vitesse vectorielle moyenne pour les intervalles de temps suivants :
 - a) 5 s-35 s
 - b) 10 s-50 s
18. Comment calcule-t-on la vitesse moyenne à partir d'un graphique de la position en fonction du temps?
19. Comment calcule-t-on la vitesse vectorielle moyenne à partir d'un graphique de la position en fonction du temps?
20. Comment calcule-t-on la vitesse vectorielle instantanée à partir d'un graphique de la position en fonction du temps?
21. D'après le graphique qui suit, calcule la vitesse vectorielle instantanée à :
 - a) 4 s
 - b) 10 s
 - c) 16 s

La position en fonction du temps



ANNEXE 14 : Test – La vitesse vectorielle et l'accélération

Nom : _____

Date : _____

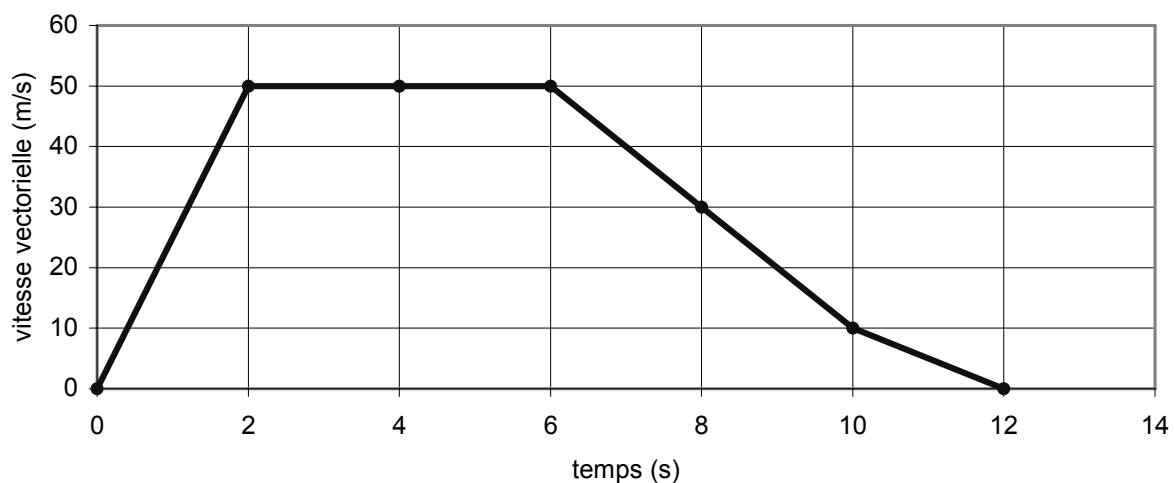
1. Réponds aux questions à l'aide du diagramme suivant.



- Trace un graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps relatif au mouvement de l'objet représenté par les points.
- Trace un graphique qui représente l'accélération en fonction du temps.

2. Le graphique qui suit représente la vitesse vectorielle en fonction du temps relatif au mouvement d'un objet :

La vitesse vectorielle en fonction du temps

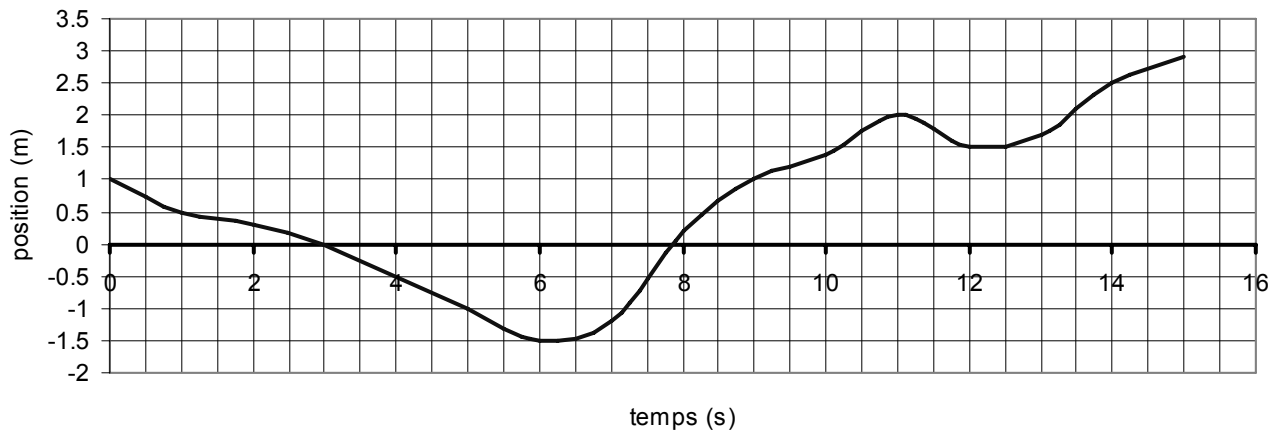


- Quelle est l'accélération moyenne de l'objet entre 0 et 2 secondes?
- Quelle est l'accélération moyenne de l'objet entre 0 et 6 secondes?
- Prépare un graphique position-temps et un graphique accélération-temps à partir du graphique vitesse vectorielle-temps.

ANNEXE 14 : Test – La vitesse vectorielle et l'accélération (suite)

3. Le graphique qui suit représente le déplacement d'un objet en fonction du temps.

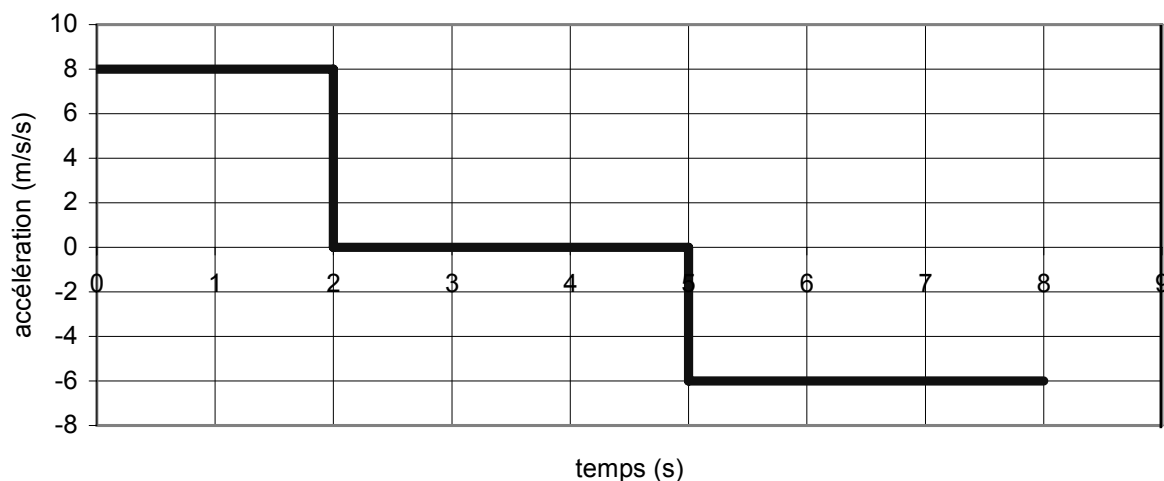
La position en fonction du temps



- Quelle est la vitesse vectorielle moyenne de l'objet entre 0 et 2 secondes?
- Quelle est la vitesse vectorielle instantanée de l'objet à 8 secondes?
- Quel est le déplacement total de l'objet?
- Quelle est la distance totale parcourue par l'objet?

4. Transforme le graphique de l'accélération en fonction du temps, ci-dessous, en graphique de la vitesse vectorielle en fonction du temps.

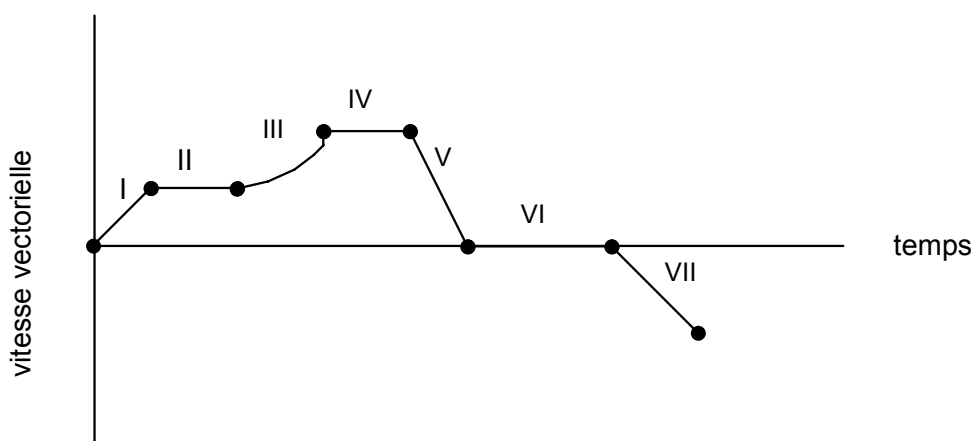
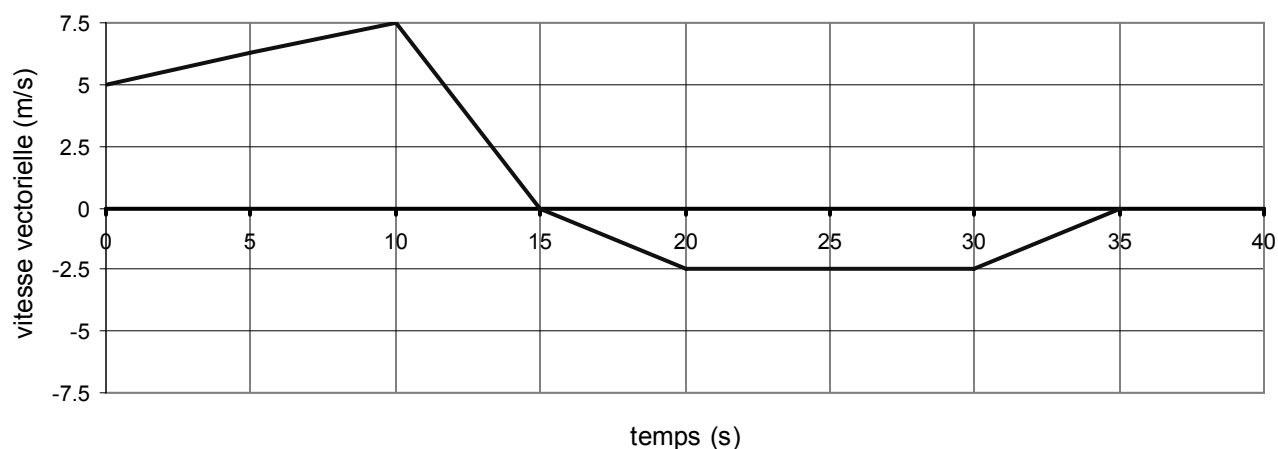
L'accélération en fonction du temps



ANNEXE 14 : Test – La vitesse vectorielle et l'accélération (suite)

5. À l'aide du graphique ci-dessous, détermine :
- l'accélération moyenne entre 15 s et 20 s;
 - l'accélération moyenne entre 0 s et 10 s;
 - l'accélération moyenne entre 20 s et 30 s;
 - l'intervalle de temps durant lequel la vitesse vectorielle est la plus élevée;
 - l'intervalle ou les intervalles de temps durant lesquels le déplacement est négatif.

La vitesse vectorielle en fonction du temps



6. a) Pour chaque intervalle de temps :
- indique si la vitesse vectorielle a une valeur positive, négative ou nulle;
 - indique si la vitesse vectorielle est constante, augmente à un taux constant, augmente à un taux qui n'est pas constant, diminue à un taux constant, diminue à un taux qui n'est pas constant;
 - indique si l'accélération a une valeur négative, positive ou nulle.

ANNEXE 15 : Grille d'observation – Les habiletés et les attitudes scientifiques

Nom : _____

Date : _____

| <div style="text-align: right;">Nom des élèves</div> <div style="text-align: right;">Dates</div> <div style="text-align: left;">Habiletés et attitudes</div> | | | | |
|--|--|--|--|--|
| L'élève mène des expériences en respectant les directives. | | | | |
| L'élève répète les manipulations pour accroître l'exactitude et la fiabilité des résultats. | | | | |
| L'élève estime et mesure avec exactitude, en utilisant des unités du système international. | | | | |
| L'élève travaille en coopération pour mener une étude scientifique. | | | | |
| L'élève fait preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique. | | | | |
| Commentaires : | | | | |

Clé :

| | |
|---|---|
| 4 | L'élève maîtrise l'habileté ou manifeste l'attitude spontanément. |
| 3 | L'élève exploite très bien l'habileté ou manifeste l'attitude spontanément la plupart du temps. |
| 2 | L'élève met en pratique l'habileté ou manifeste l'attitude quand il se fait aider par un autre élève ou par l'enseignant. |
| 1 | L'élève ne met pas en pratique l'habileté ou ne manifeste pas l'attitude, même quand on l'aide. |

ANNEXE 16 : La résolution de problèmes – Renseignements pour l'élève

Nom : _____

Date : _____

1. Un objet se déplaçant à une vitesse de 3,0 m/s accélère pour 4,0 s à un taux de 2,0 m/s². Calcule le déplacement de l'objet.

Note les données du problème :

$$\vec{v}_1 = 3,0 \text{ m/s}$$

$$t = 4,0 \text{ s}$$

$$\vec{a} = 2,0 \text{ m/s}^2$$

Note la valeur que l'on veut déterminer :

$$\Delta \vec{d} = ?$$

Il est possible de calculer v_2 avec les données du problème :

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}$$

$$\vec{a} \Delta t = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{a} \Delta t$$

$$\vec{v}_2 = 3,0 \text{ m/s} + (2,0 \text{ m/s}^2)(4,0 \text{ s}) = 11 \text{ m/s}$$

On peut maintenant calculer le déplacement :

$$\Delta \vec{d} = \frac{(\vec{v}_1 + \vec{v}_2)}{2} \Delta t$$

$$\Delta \vec{d} = \frac{(11 \text{ m/s} + 3,0 \text{ m/s})}{2} \times 4,0 \text{ s}$$

$$\Delta \vec{d} = 28 \text{ m}$$



ANNEXE 16 : La résolution de problèmes – Renseignements pour l'élève (suite)

2. Une voiture passe de 13 m/s à 25 m/s avec une accélération constante de 3,0 m/s². Calcule son déplacement.

$$\Delta \vec{d} = ?$$

$$v_1 = 13 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 25 \text{ m/s}$$

$$a = 3,0 \text{ m/s}^2$$

On doit premièrement trouver la valeur du temps :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v_2 - v_1}{a}$$

$$\Delta t = \frac{25 \text{ m/s} - 13 \text{ m/s}}{3,0 \text{ m/s}^2} = 4,0 \text{ s}$$

On peut maintenant trouver le déplacement :

$$v_{\text{moy}} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

$$\Delta d = \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) \Delta t$$

$$\Delta d = \left(\frac{13 \text{ m/s} + 25 \text{ m/s}}{2} \right) \times 5,0 \text{ s}$$

$$\Delta d = 95 \text{ m}$$

ANNEXE 16 : La résolution de problèmes – Renseignements pour l'élève (suite)

3. Un objet part du repos et accélère à un taux de $5,0 \text{ m/s}^2$. Quelle sera sa vitesse s'il se déplace de 21 m?

$$\begin{aligned} \vec{\Delta d} &= 21 \text{ m} \\ \vec{v}_1 &= 0 \text{ m/s} \\ \vec{a} &= 5,0 \text{ m/s}^2 \\ \vec{v}_2 &= ? \end{aligned}$$

Aucune des équations ne permettra seul de trouver une réponse numérique. Cependant, si on combine deux équations afin d'éliminer la variable du temps, il est possible de trouver la solution à ce problème.

Équation 1 :

$$\vec{\Delta d} = \left(\frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right) \Delta t$$

$$\Delta t = \left(\frac{2\vec{\Delta d}}{\vec{v}_1 + \vec{v}_2} \right)$$

Équation 2 :

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta \vec{v}}{\vec{a}}$$

$$\Delta t = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\vec{a}}$$

Puisque les deux équations permettent de trouver Δt , elles doivent être équivalentes.

$$\left(\frac{2\vec{\Delta d}}{\vec{v}_1 + \vec{v}_2} \right) = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\vec{a}}$$

$$\left(\frac{2(21\text{m})}{0 + \vec{v}_2} \right) = \frac{\vec{v}_2 - 0}{5,0 \text{ m/s}^2}$$

$$\frac{42 \text{ m}}{\vec{v}_2} = \frac{\vec{v}_2}{5,0 \text{ m/s}^2} \quad \left(\vec{v}_2 \right)^2 = 210 \text{ m/s}^2 \quad \vec{v}_2 = 14,491 \text{ m/s} = 14 \text{ m/s}$$



ANNEXE 17 : Exercice – La résolution de problèmes

Nom : _____

Date : _____

1. Une voiture de course au repos démarre et atteint la vitesse de 100,0 km/h en 10,2 s.
 - a) Calcule son déplacement lors de cet intervalle de temps.
 - b) Calcule son accélération moyenne.
2. Un sprinteur part du repos et atteint la vitesse de 9,25 m/s lorsqu'il passe la position de 25,0 m. Il court ensuite à vitesse constante pour les 75,0 prochains mètres.
 - a) Calcule le temps nécessaire pour atteindre la vitesse de 9,25 m/s.
 - b) Calcule le temps nécessaire pour toute la course de 100 m.
3. Une voiture qui roule à 16,7 m/s accélère de $2,5 \text{ m/s}^2$ pour 8,1 s. Calcule le déplacement de la voiture.
4. Calcule l'accélération d'une voiture si, à partir du repos, elle voyage 30 m en 3,5 s.
5. Une fusée décolle en accélérant de $18,7 \text{ m/s}^2$. Calcule la distance qu'elle parcourt lorsque sa vitesse passe de 3,6 m/s à 8,5 m/s.
6. Une sprinteuse s'approche de la ligne d'arrivée à la vitesse de 1,25 m/s. Elle accélère pour 2,4 s lors des 3,5 derniers mètres de la course. Calcule son accélération moyenne durant cet intervalle de temps.
7. Un camion roule à 26,5 m/s lorsque son conducteur aperçoit un feu rouge. Si le temps de réaction du conducteur est de 0,45 s (temps qu'il met à peser sur la pédale du frein) et que le freinage cause une accélération de $-8,5 \text{ m/s}^2$, quelle distance le camion voyagera-t-il avant de s'arrêter.
8. Un ascenseur part du rez-de-chaussée d'un édifice et monte à l'étage supérieur sans arrêt. L'ascenseur accélère à un taux de $1,5 \text{ m/s}^2$ pour 5,0 s, continue à vitesse constante pour 15 s et ralentit pendant la dernière 1,8 s avant de s'arrêter.
 - a) Calcule le déplacement de l'ascenseur pendant l'accélération.
 - b) À quelle vitesse l'ascenseur se déplace-t-il après l'accélération?
 - c) Calcule le déplacement de l'ascenseur pendant qu'il voyage à vitesse constante.
 - d) Calcule le déplacement de l'ascenseur pendant son ralentissement.
 - e) Calcule le déplacement total de l'ascenseur.
9. Un enfant saute d'une falaise de 14 m et tombe dans un lac. Si son accélération est de $9,8 \text{ m/s}^2$, combien de temps met-il à tomber dans l'eau?

ANNEXE 18 : Autoévaluation de la technique « Jigsaw »

Nom : _____

Date : _____

Coche aux bons endroits.

| | | facilement | assez bien | avec difficulté |
|---------------------------------|--|------------|------------|-----------------|
| Au sein de mon groupe d'experts | J'ai bien compris le rôle que j'avais à jouer au sein de mon groupe d'experts. | | | |
| | J'ai entrepris une préparation personnelle (lecture, etc.) avant la discussion en groupe d'experts. | | | |
| | J'ai été attentif à ce que disaient les autres experts. | | | |
| | J'ai encouragé la participation des autres experts par mon attitude positive et respectueuse. | | | |
| | J'ai moi-même contribué à la discussion, par l'entremise de nouvelles idées, de suggestions, de clarifications, etc. | | | |
| | J'ai bien saisi et noté les renseignements clés de la discussion en vue d'en faire part à ma famille. | | | |
| Au sein de ma famille | J'ai bien compris le rôle que j'avais à jouer au sein de ma famille. | | | |
| | J'ai écouté attentivement les rapports faits au sein de ma famille et j'ai demandé des clarifications au besoin. | | | |
| | J'ai noté les renseignements clés issus des rapports faits au sein de ma famille. | | | |
| | J'ai donné un compte rendu fidèle et efficace des renseignements clés recueillis au sein de mon groupe d'experts. | | | |
| En plénière | J'ai écouté attentivement des renseignements clés relevés par l'enseignante ou l'enseignant après le partage en famille. | | | |
| | J'ai posé des questions lorsque je ne saisisais pas certains renseignements cruciaux. | | | |

De façon générale, je pense que la technique des groupes d'experts ...

- a) m'a aidé(e) à apprendre les concepts clés. _____
 b) ne m'a pas aidé(e) à apprendre les concepts clés. _____

Explique ta réponse. _____

ANNEXE 19 : La fusée et les lois de Newton

Nom : _____

Date : _____

Matériel

- du papier assez rigide (par exemple du papier de bricolage)
- une boîte de pellicule vide avec couvercle
- du ruban adhésif
- une paire de ciseaux
- un comprimé effervescent
- de l'eau
- des serviettes de papier

Directives pour construire une fusée

1. Entoure la boîte de pellicule d'un papier assez rigide. L'extrémité de la boîte où se trouve le couvercle doit être orientée vers le bas.
2. Fixe le papier à l'aide du ruban adhésif.
3. Fixe quatre ailerons au bas de la fusée à l'aide du ruban adhésif.
4. Fabrique un cône en papier et fixe-le au haut de la fusée à l'aide du ruban adhésif.
5. Une fois la fusée construite, enlève le couvercle de la boîte de pellicule et ajoute un peu d'eau dans cette dernière.
6. Place un morceau de comprimé effervescent dans la boîte, referme rapidement le couvercle et pose la fusée sur le sol ou sur une table.
7. Note la hauteur qu'atteint la fusée.

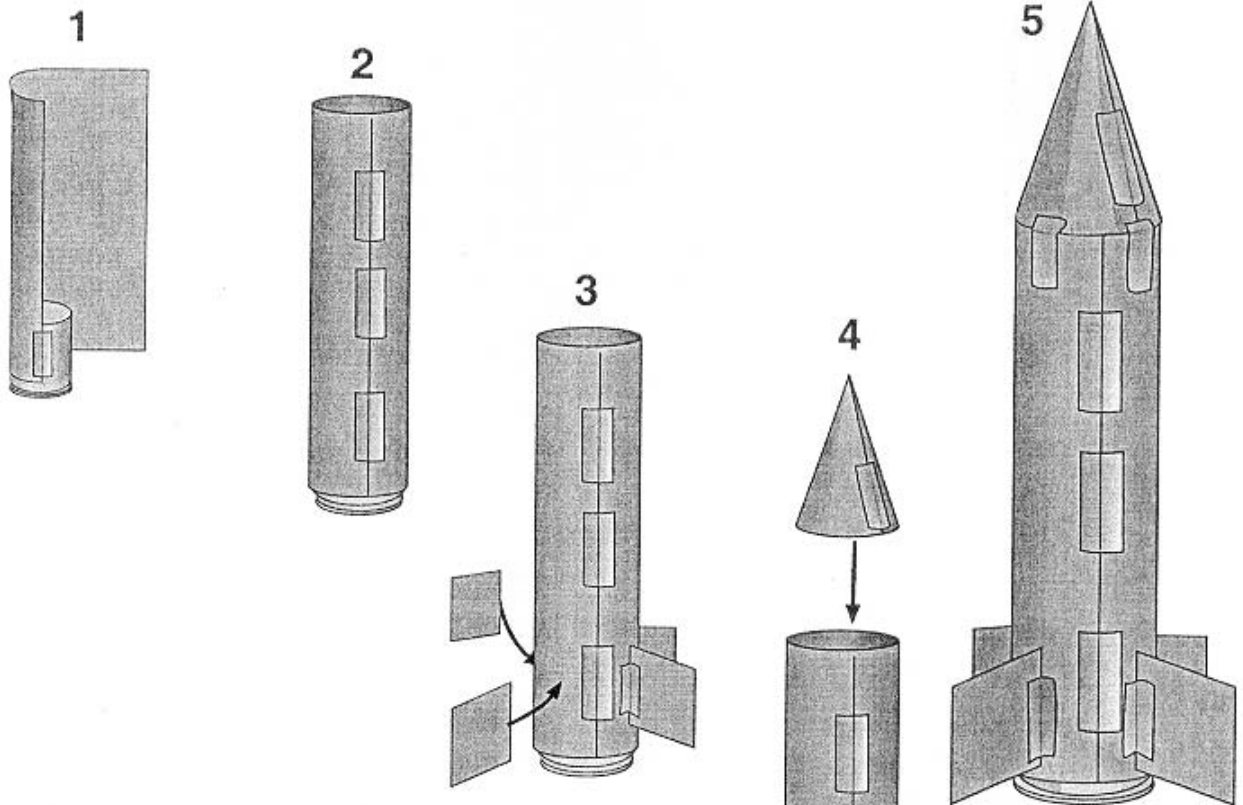
Questions de réflexion

1. Quel est l'effet de la quantité d'eau dans la boîte de pellicule sur la hauteur qu'atteint la fusée?
2. Quel est l'effet de la température de l'eau sur la hauteur qu'atteint la fusée?
3. Quel est l'effet de la taille du comprimé sur la hauteur qu'atteint la fusée?
4. Quel est l'effet de la taille et de la masse de la fusée sur la hauteur qu'atteint la fusée?
5. Comment la première loi de Newton s'applique-t-elle au lancement de la fusée?
6. Comment la deuxième loi de Newton s'applique-t-elle?
7. Comment la troisième loi de Newton s'applique-t-elle?

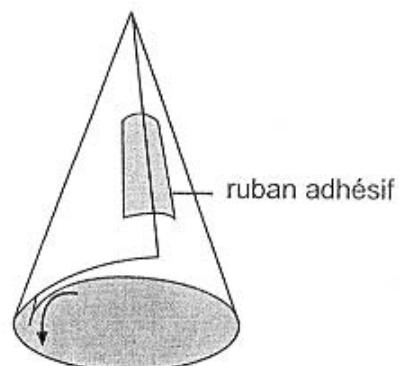
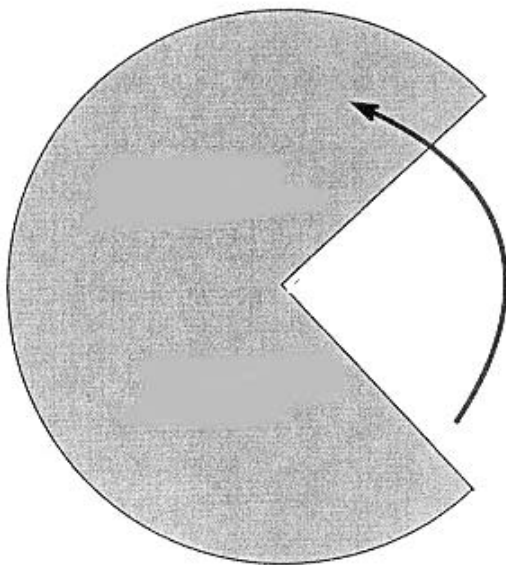
Adapté de documents éducatifs de la NASA



ANNEXE 19 : La fusée et les lois de Newton (suite)



Patron pour former le cône



ANNEXE 19 : La fusée et les lois de Newton (suite)

Renseignements pour l'enseignant

Cette activité est simple mais permet de démontrer clairement les trois lois de Newton. Initialement, la fusée est au repos, ne subissant aucune force nette (la force de gravité vers le bas est égale à la force normale vers le haut - première loi de Newton). Étant donné que la force nette sur la fusée n'est plus égale à zéro au moment de l'effervescence, selon la deuxième loi de Newton, la fusée doit accélérer. La force vers le haut est produite lorsque le couvercle est propulsé vers le bas à cause de la force du gaz formé dans la boîte. Le couvercle exerce une force sur le sol et le sol exerce une force égale et opposée sur le couvercle (troisième loi de Newton). La force venant de l'explosion surpasse la force de gravité et la fusée subit une accélération (deuxième loi de Newton). Cette accélération a lieu seulement durant l'explosion. Une fois terminée, la seule force agissant sur la fusée est la force de gravité et la fusée décélère jusqu'au sommet de sa trajectoire et accélère ensuite vers le bas. Si l'on augmentait la masse de la fusée, son accélération et donc la hauteur qu'elle atteindrait diminueraient (deuxième loi de Newton).

Une feuille de papier est suffisante pour construire la fusée. Permettre aux élèves de couper le papier du côté court ou du côté long pour fabriquer le corps de la fusée. Cela permettra de comparer des fusées de différentes longueurs. S'assurer qu'il est possible d'enlever le couvercle de la boîte de pellicule une fois que la fusée est construite.

S'assurer que les boîtes de pellicule ont un couvercle qui se scelle de l'intérieur. Les boîtes translucides se scellent habituellement de cette façon. Les boîtes opaques ont habituellement un couvercle qui se scelle de l'extérieur.

ANNEXE 20 : Expérience – La deuxième loi de Newton

Nom : _____

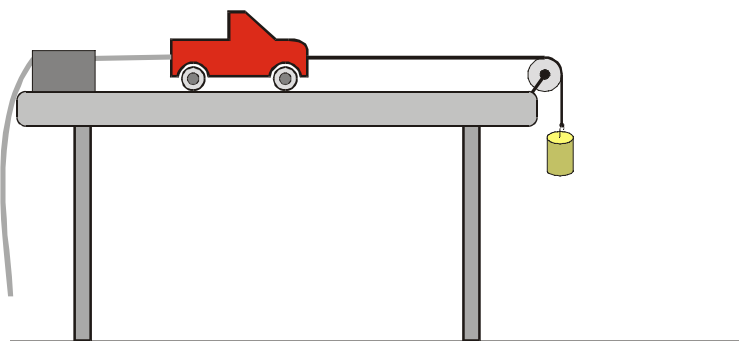
Date : _____

Partie A : La relation entre la force et l'accélération**Hypothèse**

Quel effet une force exercée sur un corps a-t-il sur l'accélération du corps?

Matériel

- chariot dynamique
- minuteur-enregistreur
- ruban adhésif
- masses
- ficelle
- poulie avec fixation de table

**Démarche**

1. Prépare le montage illustré ci-dessus.
2. Place trois masses de 200 g (1,96 N) sur le chariot, puis deux masses de 200 g (1,96 N) au bout de la ficelle.
3. Tiens le chariot en place, puis pars le compteur à ruban.
4. Laisse aller le chariot puis attrape-le avant qu'il n'entre en collision avec la poulie.
5. Recommence l'expérience en suspendant du bout de la ficelle une des masses qui se trouvait sur le chariot, une troisième fois en suspendant une deuxième masse du chariot, puis une quatrième fois en suspendant du bout de la ficelle la dernière masse sur le chariot. La masse totale du système doit demeurer constante : si on ajoute une certaine masse à la ficelle, il faut en enlever autant au chariot.
6. À l'aide des données recueillies par le minuteur-enregistreur, calcule l'accélération du chariot pour chaque essai et place tes données dans un tableau.

Analyse et conclusion

1. Trace le graphique de l'accélération en fonction de la force et détermine la relation de proportionnalité entre les variables (la relation entre la force exercée sur un corps et l'accélération de ce dernier).

ANNEXE 20 : Expérience – La deuxième loi de Newton (suite)

Partie B : La relation entre la masse l'accélération

Hypothèse

Quelle est la relation entre la masse d'un corps et l'accélération de ce dernier?

Matériel

- chariot dynamique
- minuteur-enregistreur
- ruban adhésif
- masses
- ficelle
- poulie avec fixation de table

Démarche

1. Prépare le montage illustré à la page précédente.
2. Tiens le chariot en place, puis pars le minuteur-enregistreur.
3. Laisse aller le chariot puis attrape-le avant qu'il n'entre en collision avec la poulie.
4. Répète la démarche quatre fois en ajoutant une masse de 200 g (1,96N) sur le chariot à chaque essai. On ne doit pas ajouter des masses à la ficelle, car il faut que la force vers le bas soit constante. Tu peux tout simplement augmenter la masse du chariot à chaque essai.
5. À l'aide des données recueillies par le minuteur-enregistreur, calcule l'accélération du chariot pour chaque essai et inscris tes données dans un tableau.

Analyse et conclusion

1. Trace le graphique de l'accélération en fonction de la force et détermine la relation de proportionnalité entre les variables (la relation entre la masse d'un corps et l'accélération de ce dernier).
2. Combine la relation de proportionnalité de la partie A avec celle de la partie B. Quelle relation obtiens-tu? Comment pourrais-tu transformer cette relation en équation mathématique?



ANNEXE 21 : Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience

Nom : _____

Date : _____

Évaluation du rapport d'expérience

Titre de l'expérience : _____

Membres de l'équipe : _____

| Critères | Points possibles* | Auto-évaluation | Évaluation par l'enseignant |
|---|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| <p><i>Formuler une question</i></p> <ul style="list-style-type: none"> la question mène à l'étude et l'objet est bien ciblé (comporte une relation de cause à effet) | | | |
| <p><i>Émettre une prédiction</i></p> <ul style="list-style-type: none"> les variables dépendante et indépendante sont définies la prédiction comporte une relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante | | | |
| <p><i>Élaborer le plan</i></p> <ul style="list-style-type: none"> le matériel nécessaire est choisi les variables à contrôler sont déterminées les étapes sont énumérées et décrites clairement les mesures de sécurité sont prises en compte l'élimination des déchets est prévue les éléments suivants sont modifiés au besoin et une justification est fournie <ul style="list-style-type: none"> le matériel les variables les mesures de sécurité la démarche | | | |
| <p><i>Réaliser le test, observer et consigner les observations</i></p> <ul style="list-style-type: none"> l'expérience fait l'objet d'essais répétés les données sont consignées en détail et avec les unités appropriées les données sont consignées clairement, de façon structurée et dans un format approprié | | | |
| <p><i>Analyser et interpréter les résultats</i></p> <ul style="list-style-type: none"> les diagrammes sont utilisés au besoin les régularités, les tendances ou les écarts sont précisés les forces et les faiblesses de la méthode et les sources d'erreur possibles sont décrites toute modification au plan initial est décrite et justifiée | | | |
| <p><i>Tirer une conclusion</i></p> <ul style="list-style-type: none"> la relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante est expliquée d'autres explications sont élaborées la prédiction s'est avérée juste ou inexacte | | | |
| Total des points | | | |

* Remarque : L'enseignant ou les élèves de la classe attribuent des points selon les mérites particuliers de l'expérience.

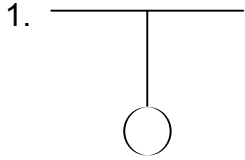


ANNEXE 22 : Exercice – Les forces

Nom : _____

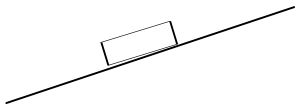
Date : _____

Partie A : Dessine le diagramme de forces qui correspond à chacune des situations suivantes.

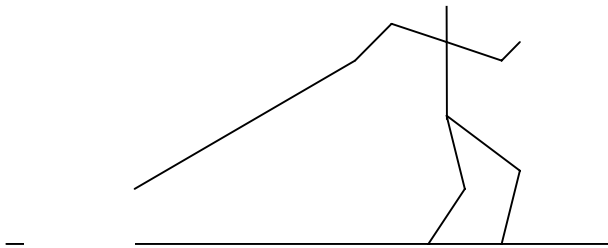


2. (La balle est immobile.)

3. (Le bloc glisse vers le bas sur une surface rugueuse.)



4.



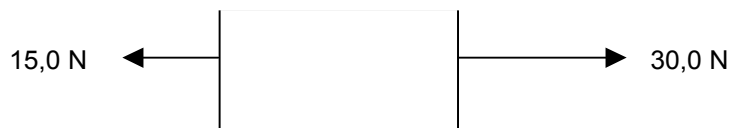
5. (La balle tombe. La résistance de l'air est nulle.)



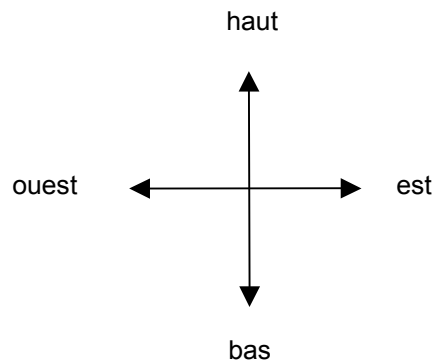
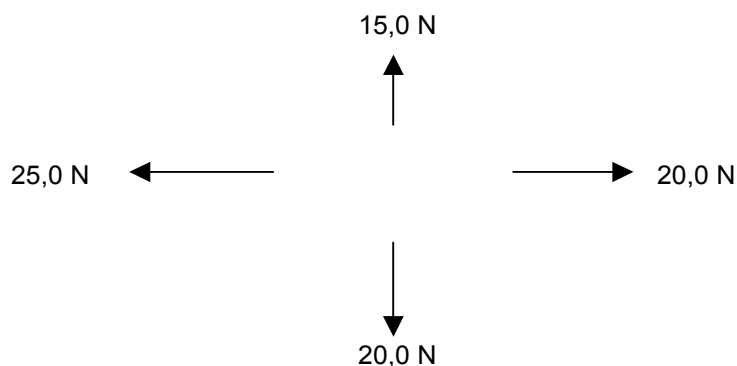
ANNEXE 22 : Exercice – Les forces (suite)

Partie B : Calcule la force nette dans chacune des situations suivantes.

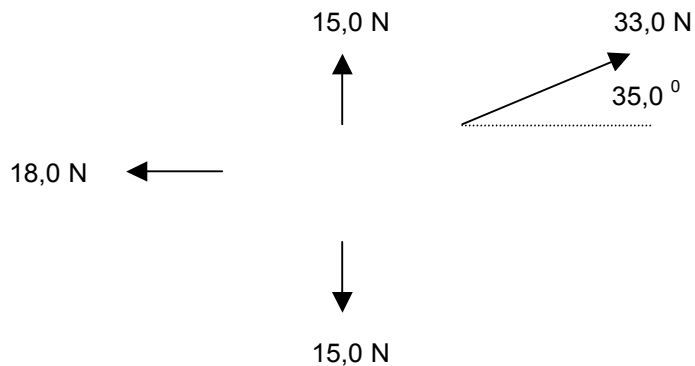
1.



2.

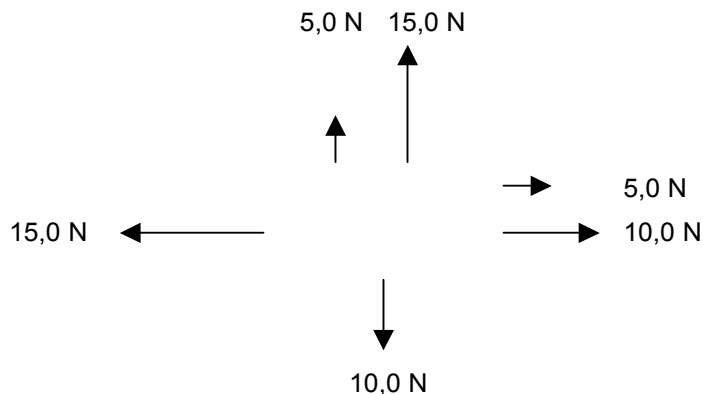


3.



(La force de 33,0 N est exercée à un angle de 35,0° de l'horizontale.)

4.



ANNEXE 23 : Les forces – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 23 : Les forces – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 23 : Les forces – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

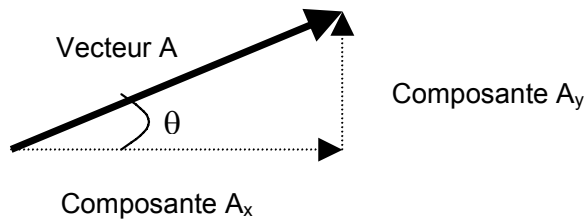
ANNEXE 24 : Les composantes de vecteurs

Nom : _____

Date : _____

Il est souvent utile de représenter un vecteur comme étant la somme de deux autres vecteurs. On nomme ces autres vecteurs des **composantes**. Ces deux composantes sont perpendiculaires l'une à l'autre et s'additionnent pour donner le vecteur initial. Puisqu'elles sont perpendiculaires, on les nomme **composantes orthogonales** ou **rectangulaires**. Lorsqu'on trouve les composantes d'un vecteur, on dit avoir résolu le vecteur.

Puisque les composantes sont perpendiculaires, on peut utiliser la trigonométrie pour résoudre le vecteur initial. Par exemple, si le vecteur A est à un angle θ de l'axe horizontal (x), pour trouver les composantes A_x et A_y , on peut utiliser les formules suivantes :

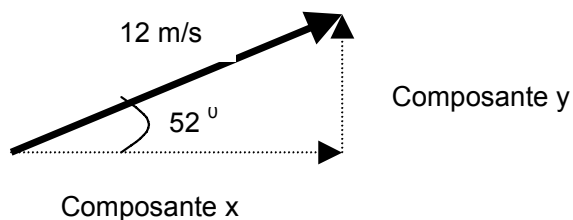


$$\cos \theta = \frac{\text{adj}}{\text{hyp}} = \frac{A_x}{A}$$

$$\sin \theta = \frac{\text{opp}}{\text{hyp}} = \frac{A_y}{A}$$

Voici un exemple avec des calculs :

Résous le vecteur suivant en ses composantes x et y : 12 m/s [E 52° N].



$$\cos 52^\circ = \frac{\text{adj}}{\text{hyp}} = \frac{x}{12 \text{ m/s}} \quad \text{donc} \quad x = 12 \text{ m/s} \times \cos 52^\circ$$

$$x = 7,4 \text{ m/s [E]}$$

$$\sin 52^\circ = \frac{\text{opp}}{\text{hyp}} = \frac{y}{12 \text{ m/s}} \quad \text{donc} \quad y = 12 \text{ m/s} \times \sin 52^\circ$$

$$y = 9,3 \text{ m/s [N]}$$

ANNEXE 25 : Exercice – La résolution de problèmes

Nom : _____

Date : _____

Résous les problèmes suivants au moyen de la deuxième loi de Newton et des formules de cinématique. N'oublie pas de dessiner un diagramme de force pour chaque problème.

- Un ballon de 2,0 kg est soumis à une force de 1,0 N.
 - Quelle est la vitesse du ballon au bout de 4,0 s?
 - Quelle distance aura-t-il alors parcouru?
- Une rondelle de 0,50 kg est posée sur une surface sans frottement et soumise à une force de 1,5 N.
 - Quelle est l'accélération de la rondelle?
 - Quelle sera sa vitesse au bout de 4,5 s?
 - Quelle distance la rondelle parcourt-elle en 4,5 s?
- Une boîte de 12 kg est au repos sur une surface horizontale. Elle est poussée avec une force de 40,0 N pour 5,0 s. La force de frottement exercée sur la boîte est de 15 N.
 - Calcule l'accélération de la boîte.
 - Calcule le déplacement de la boîte après 5,0 secondes.
- Une caisse de 52 kg est tirée le long d'une surface horizontale par une force constante de 65 N exercée à un angle de 35° . La surface exerce une force de frottement de 45 N.
 - Calcule l'accélération de la caisse.
 - Si la caisse part du repos et se fait déplacer de 4,0 m, quelle sera sa vitesse finale?
- Une force horizontale de 75,0 N fait accélérer un rouliplanchiste d'une masse de 65,0 kg à $0,900 \text{ m/s}^2$.
 - Quelle est la force nette qui agit sur le rouliplanchiste?
 - Quelle est la valeur de la force de frottement?
- Deux forces sont appliquées sur un traîneau de 80,0 kg. La première a une valeur de 125 N [S] et la seconde a une valeur de 175 N [O]. Le traîneau accélère à $1,5 \text{ m/s}^2$.
 - Quelle est la force nette qui agit sur le traîneau?
 - Quelle est la valeur de la force de frottement?
 - Si le traîneau part du repos, quel est son déplacement après 3,0 s?

LA MÉCANIQUE

Physique
Secondaire 3
Regroupement 3

PORTFOLIO : Table des matières

Nom : _____

| PIÈCE* | TYPE DE TRAVAIL | DATE | CHOISIE PAR |
|--------|-----------------|------|-------------|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | |
| 9. | | | |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| 15. | | | |



PORTFOLIO : Fiche d'identification

Fiche d'identification

Nom de la pièce : _____

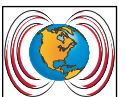
Apprentissage visé (connaissances, habiletés, attitudes) : _____

Remarques et réflexions personnelles au sujet de ce travail : _____

Ton niveau de satisfaction par rapport à ce travail :

| | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| pas satisfait(e) du tout | | | | très satisfait(e) |

LES CHAMPS



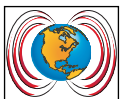
APERÇU DU REGROUPEMENT

Les forces gravitationnelle, électrique et magnétique sont souvent étudiées séparément, ne permettant donc pas aux élèves de comparer ces forces fondamentales de la nature. Les élèves constatent les similitudes entre les trois formules qui servent à calculer l'intensité de chaque champ ($\vec{g} = \frac{\vec{F}_g}{m}$, $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$ et $\vec{B} = \frac{\vec{F}}{I\ell}$) ainsi que les similitudes entre les unités associées, soit N/kg, N/C ou N/A·m.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

Les élèves ont établi la distinction entre la masse et le poids en 6e année dans le contexte de leur étude du système solaire. Ils ont aussi étudié les composantes d'un circuit électrique ainsi que les électroaimants. En secondaire 1, ils ont étudié l'électricité statique ainsi que les circuits électriques. En secondaire 3, l'étude des champs peut se faire à l'aide d'activités pratiques ainsi que par l'observation de simulations qu'on peut trouver dans plusieurs sites Web. L'accès des élèves à Internet est fortement recommandé afin qu'ils puissent y poursuivre leurs recherches.

Deux pages reproductibles pour le portfolio figurent à la toute fin du regroupement. Elles sont de nature très générale et conviennent au portfolio d'apprentissage ou d'évaluation. Des suggestions pour la cueillette d'échantillons à inclure dans ce portfolio se trouvent dans la section de l' « Introduction générale ».

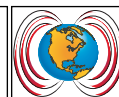


BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

Afin de faciliter la présentation des renseignements et des stratégies d'enseignement et d'évaluation, les RAS de ce regroupement ont été disposés en **blocs d'enseignement**. À souligner que, tout comme le regroupement lui-même, les blocs d'enseignement ne sont que des pistes suggérées pour le déroulement du cours de physique. L'enseignant peut choisir de structurer son cours et ses leçons en privilégiant une autre approche. Quoi qu'il en soit, les élèves doivent réussir les RAS prescrits par le Ministère pour la physique secondaire 3.

Outre les RAS propres à ce regroupement, plusieurs RAS transversaux de la physique secondaire 3 ont été rattachés aux blocs afin d'illustrer comment ils peuvent s'enseigner pendant l'année scolaire.

| | Titre du bloc | RAS inclus dans le bloc | Durée suggérée |
|--------|---|---|-----------------------|
| Bloc A | Les champs gravitationnels | S3P-4-01, S3P-4-02, <i>S3P-0-2a</i> , <i>S3P-0-2c</i> | 100 à 120 min |
| Bloc B | L'intensité du champ gravitationnel | S3P-4-03, S3P-4-04, <i>S3P-0-2a</i> , <i>S3P-0-2e</i> , <i>S3P-0-2g</i> | 100 à 120 min |
| Bloc C | Les changements apparents de poids | S3P-4-05, <i>S3P-0-2h</i> | 100 à 120 min |
| Bloc D | Les corps en chute libre | S3P-4-06, S3P-4-07, S3P-4-08, <i>S3P-0-2b</i> , <i>S3P-0-2f</i> | 100 à 120 min |
| Bloc E | La vitesse vectorielle finale | S3P-4-09, <i>S3P-0-2b</i> , <i>S3P-0-2c</i> , <i>S3P-0-2g</i> , <i>S3P-0-3e</i> | 100 à 120 min |
| Bloc F | Le coefficient de frottement | S3P-4-10, S3P-4-11, S3P-4-12, S3P-4-13, <i>S3P-0-2h</i> | 100 à 120 min |
| Bloc G | Les champs électriques | S3P-4-14, S3P-4-15, <i>S3P-0-2c</i> | 100 à 120 min |
| Bloc H | L'intensité du champ électrique | S3P-4-16, <i>S3P-0-2c</i> , <i>S3P-0-2h</i> | 100 à 120 min |
| Bloc I | Le mouvement des charges entre des plaques parallèles | S3P-4-17, <i>S3P-0-2h</i> | 100 à 120 min |
| Bloc J | L'expérience de Millikan | S3P-4-18, S3P-4-19 | 100 à 120 min |
| Bloc K | Les champs magnétiques | S3P-4-20, S3P-4-21, S3P-4-22, <i>S3P-0-2c</i> , <i>S3P-0-2f</i> | 100 à 120 min |
| Bloc L | La théorie des domaines | S3P-4-23, <i>S3P-0-1a</i> | 100 à 120 min |
| Bloc M | L'influence et les effets du champ magnétique de la Terre | S3P-4-24, <i>S3P-0-2i</i> , <i>S3P-0-4b</i> | 100 à 120 min |
| Bloc N | L'électromagnétisme | S3P-4-25, S3P-4-26, <i>S3P-0-1d</i> , <i>S3P-0-2a</i> | 100 à 120 min |
| Bloc O | Le solénoïde | S3P-4-27, S3P-4-28 | 100 à 120 min |
| Bloc P | La force électromagnétique | S3P-4-29, S3P-4-30, S3P-4-31, S3P-4-32, <i>S3P-0-2g</i> | 100 à 120 min |
| | <i>Récapitulation du regroupement et objectivation</i> | | <i>100 à 120 min</i> |
| | Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement | | 20 à 28 h |



RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

Vous trouverez ci-dessous une liste de ressources éducatives qui se prêtent bien à ce regroupement. Il est possible de se procurer la plupart de ces ressources à la Direction des ressources éducatives françaises (DREF) ou de les commander auprès du Centre des manuels scolaires du Manitoba (CMSM).

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

Éléments de physique : cours d'introduction, de David G. Martindale et Lise Malo, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (1992). ISBN 2-89310-085-6. DREF 530 M384e. CMSM 94775.

Éléments de physique: cours d'introduction – Guide d'enseignement, de David G. Martindale, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (1994). ISBN 2-89310-173-9. DREF 530 M384e.

[R] **L'enseignement des sciences de la nature au secondaire : Une ressource didactique**, d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba (2000). ISBN 0-7711-2139-3. DREF PD. CMSM 93965. [stratégies de pédagogie différenciée]

Physique 11 – Guide d'enseignement (avec réponses sur cédérom), de Igor Nowikow et Brian Heimbecker, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2002). ISBN 2-89310-873-3. DREF 530 N948p. CMSM 93007.

Physique 11 – Manuel de l'élève, de Igor Nowikow et Brian Heimbecker, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2002). ISBN 2-89310-872-5. DREF 530 N948p. CMSM 92303.

La physique et le monde moderne, de Alan Hirsch et Michèle Lemaître, Éd. Guérin (1991). ISBN 2-7601-2400-2. DREF 530.0202 H669p.

La physique et ses applications, de Alan Hirsch et Fernand Houle, Éd. J. Wiley (1991). ISBN 0-471-79524-0. DREF 530 H669p. CMSM 94785.

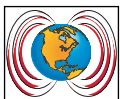
Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé, de David G. Martindale et autres, Éd. Guérin (1992). ISBN 2-7601-2445-2. DREF 530 M384p. CMSM 94791.

[R] **La sécurité en sciences de la nature : Un manuel ressource**, d'Éducation et Formation professionnelle Manitoba (1999). ISBN 0-7711-2136-9. DREF P.D. 371.623 S446. CMSM 91719.

AUTRES IMPRIMÉS

L'Actualité, Éditions Rogers Media, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 20 fois l'an; articles d'actualité canadienne et internationale]

Ça m'intéresse, Prisma Presse, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; beaucoup de contenu STSE; excellentes illustrations]



Les clés de l'actualité, Milan Presse, Toulouse (France). [tablette hebdomadaire à l'intention des adolescents; actualités scientifiques]

Découvrir : la revue de la recherche, Association francophone pour le savoir, Montréal (Québec). [revue bimestrielle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Extra : L'encyclopédie qui dit tout, Tristar Limitée, Montréal (Québec). [supplément hebdomadaire à la revue 7 jours; contient d'excellents articles et renseignements scientifiques de tout genre]

Interface, Association canadienne française pour l'avancement des sciences, Montréal (Québec). [revue bimensuelle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

Pour la science, Éd. Bélin, Paris (France). [revue mensuelle; version française de la revue américaine *Scientific American*]

Protégez-Vous, Le Magazine Protégez-Vous, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle à l'intention de la protection des consommateurs québécois; plusieurs articles sur des technologies de tous les jours et leurs répercussions sociales et médicales]

Québec Science, La Revue Québec Science, Montréal (Québec). DREF PÉRIODIQUE. [revue publiée 10 fois l'an]

La Recherche, La Société d'éditions scientifiques, Paris (France). [revue mensuelle française; traite de divers sujets scientifiques]

Science et vie, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles plus techniques]

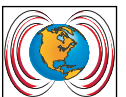
Science et vie junior, Excelsior Publications, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; excellente présentation de divers dossiers scientifiques; explications logiques avec beaucoup de diagrammes]

Science illustrée, Groupe Bonnier France, Boulogne-Billancourt (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles bien illustrés et expliqués]

Sciences et avenir, La Revue Sciences et avenir, Paris (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles détaillés]

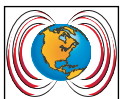
VIDÉOCASSETTES

[R] **La gravité – Du poids et de la masse**, collection Eurêka, Prod. TV Ontario (1980). DREF 54898/V8339 + G. Service de doublage VIDEO 530.07 E89 03. [10 min]



SITES WEB

- Agence Science-Pressé.** <http://www.sciencepresse.qc.ca/index.html> (juillet 2003). [excellent répertoire des actualités scientifiques issues de nombreuses sources internationales; dossiers très informatifs]
- [R] **À la découverte des champs électriques.** http://www.gel.ulaval.ca/~mbusque/elec/main_f.html (juillet 2003). [simulations de champs électriques autour de charges électriques ponctuelles]
- Applets Java de Physique.** <http://www.walter-fendt.de/ph14f/> (juillet 2003). [simulations de physique]
- Champ magnétique des aimants droits.** http://www.walter-fendt.de/ph11f/mfbar_f.htm (juillet 2003). [simulation]
- Champ magnétique d'un courant rectiligne.** http://www.walter-fendt.de/ph11f/mfwire_f.htm (juillet 2003).
- Chute verticale dans l'air.** <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/meca/allegre.html> (juillet 2003). [simulation d'une chute verticale dans l'air]
- Déclinaison magnétique.** http://www.geolab.nrcan.gc.ca/geomag/magdec_f.shtml (juillet 2003). [site web qui décrit la déclinaison magnétique]
- Électricité.** <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electri/menuelec.html> (juillet 2003).
- [R] **Expérience de Millikan.** <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electri/millikan.html> (juillet 2003). [site qui permet de simuler l'expérience de Millikan]
- Force de Laplace.** <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electri/forcelaplace.html> (juillet 2003). [simulation de la force électromagnétique]
- Force de Laplace.** http://www.walter-fendt.de/ph11f/lorentzforce_f.htm (juillet 2003). [simulation de la force électromagnétique]
- [R] **Le grand dictionnaire terminologique.** http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motclef/index800_1.asp (juillet 2003). [dictionnaire anglais-français de terminologie liée aux sciences et à la technologie; offert par l'Office de la langue française du Québec]
- Infoscience-biographies.** http://www.infoscience.fr/histoire/biograph/biograph_som.html (juillet 2003). [biographies de plusieurs scientifiques]
- Intersciences.** <http://membres.lycos.fr/ajdesor/> (juillet 2003). [excellent répertoire de sites Web portant sur les sciences; un grand nombre de sites en français]
- Mes machines électrostatiques.** <http://membres.lycos.fr/jmerelle/electrostatique/> (juillet 2003).



Pour la science. <http://www.pourlascience.com/> (juillet 2003). [revue française qui traite des découvertes scientifiques]

Québec Science. http://www.cybersciences.com/Cyber/0.0/0_0.asp (juillet 2003). [revue canadienne qui traite de découvertes scientifiques]

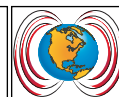
Radio-Canada : Science-technologie. <http://www.radio-canada.ca/sciencetechno/> (juillet 2003). [actualités, reportages]

Le réseau Franco-Science. <http://www.franco-science.org/> (juillet 2003). [répertoire des sciences en français géré par l'Agence Science-Pressé]

Sciences en ligne. <http://www.sciences-en-ligne.com/> (juillet 2003). [excellent magazine en ligne sur les actualités scientifiques; comprend un dictionnaire interactif pour les sciences, à l'intention du grand public]

Sciences et avenir quotidien. <http://quotidien.sciencesetavenir.com/> (juillet 2003). [revue française qui traite des actualités scientifiques]

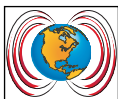
Solénoïde. <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electri/solenoid.html> (juillet 2003) [champ magnétique dans un solénoïde]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

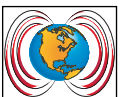
L'élève sera apte à :

- S3P-4-01 définir le champ gravitationnel en termes qualitatifs comme étant la région de l'espace autour d'une masse où une autre masse ponctuelle subit une force;
RAG : D4, D5
- S3P-4-02 tracer un diagramme du champ gravitationnel de la Terre à l'aide de lignes de force;
RAG : D4, D5
- S3P-4-03 définir l'intensité du champ gravitationnel en termes quantitatifs comme étant une force par unité de masse;
RAG : D4
- S3P-4-04 comparer la masse au poids;
RAG : D4
- S3P-4-05 décrire en termes qualitatifs et en termes quantitatifs les changements apparents de poids dans un système qui se déplace verticalement avec un mouvement accéléré,
par exemple un ascenseur, un vaisseau spatial;
RAG : D4, E2
- S3P-4-06 dériver l'accélération due à la gravité à partir des lois de Newton et des corps en chute libre;
RAG : C2, D6
- S3P-4-07 mener une expérience pour calculer l'intensité du champ gravitationnel de la Terre;
RAG : C2, C6
- S3P-4-08 résoudre des problèmes sur des objets en chute libre;
RAG : C7, C8
- S3P-4-09 décrire, en termes qualitatifs et en termes quantitatifs, la vitesse vectorielle terminale d'un objet qui tombe;
RAG : C2, D4
- S3P-4-10 définir « coefficient de frottement (μ) » comme étant le rapport de la force de frottement à la force normale;
RAG : C2, D4
- S3P-4-11 distinguer la force de frottement statique de la force de frottement cinétique;
RAG : C2, D4



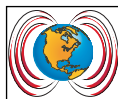
RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

- S3P-4-12 comparer les effets de la force normale, des matériaux en contact et de la vitesse sur la force de frottement;
RAG : C2, D4
- S3P-4-13 résoudre des problèmes reliés au coefficient de frottement pour des objets sur une surface horizontale;
RAG : C2, D4
- S3P-4-14 définir le champ électrique en termes qualitatifs comme étant la région de l'espace autour d'une charge où une charge d'essai positive subit une force;
RAG : C6, D4
- S3P-4-15 tracer un diagramme d'un champ électrique à l'aide de lignes de force tracées par rapport à une charge d'essai positive,
entre autres à proximité d'une autre charge (positive ou négative), à proximité de deux charges de même signe, près de deux charges de signes opposés, entre une charge et une plaque chargée, entre deux plaques parallèles dont les charges sont de signes opposés;
RAG : C6, D4
- S3P-4-16 définir l'intensité du champ électrique en termes quantitatifs comme étant une force par unité de charge ($E = \frac{\vec{F}_e}{q}$), et résoudre des problèmes à l'aide de la formule $\vec{F}_e = qE$;
RAG : D4
- S3P-4-17 résoudre des problèmes sur le mouvement des charges entre des plaques parallèles où $\vec{F}_{nette} = \vec{F}_e + \vec{F}_g$;
RAG : C2, D4
- S3P-4-18 résumer l'expérience de Millikan dans la découverte de la charge élémentaire et déterminer la charge si $\left| \vec{F}_e \right| = \left| \vec{F}_g \right|$;
RAG : A4, B1
- S3P-4-19 donner la définition du terme charge élémentaire et effectuer la conversion des charges élémentaires en coulombs,
entre autres $q = Ne$;
RAG : A4, B1
- S3P-4-20 définir le champ magnétique comme étant la région de l'espace autour d'un aimant où un autre aimant subit une force;
RAG : C6, C8



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

- S3P-4-21 faire la démonstration d'un champ magnétique et en dessiner les lignes de force, entre autres les aimants droits ou les aimants en fer à cheval, entre des pôles semblables ou des pôles opposés;
RAG : C6, C8
- S3P-4-22 décrire le concept de pôles magnétiques et montrer que les pôles semblables se repoussent et que les pôles opposés s'attirent;
RAG : A2, D4
- S3P-4-23 décrire un modèle de magnétisme par la théorie des domaines, entre autres les matériaux ferromagnétiques et l'attraction d'objets de fer aux pôles nord et sud;
RAG : A2, D4
- S3P-4-24 étudier l'influence et les effets du champ magnétique de la Terre, entre autres les aurores polaires, la déclinaison magnétique et l'inclinaison magnétique;
RAG : C2, D4
- S3P-4-25 décrire le phénomène de l'électromagnétisme et en faire la démonstration;
RAG : D4
- S3P-4-26 tracer un diagramme du champ magnétique autour d'un fil conducteur rectiligne, entre autres la direction et l'intensité du champ;
RAG : C8, D4
- S3P-4-27 décrire le champ magnétique d'un solénoïde et en tracer un diagramme, entre autres la direction et l'intensité du champ;
RAG : C8, D4
- S3P-4-28 décrire le fonctionnement d'un électroaimant et en faire la démonstration, entre autres les applications courantes des électroaimants;
RAG : C8, D4
- S3P-4-29 mener une expérience pour démontrer que, dans un champ électromagnétique, $\vec{B} \propto I$;
RAG : C2, C4
- S3P-4-30 décrire la force exercée sur un fil conducteur qui traverse un champ magnétique, entre autres $\vec{F}_B = \vec{B} I \ell \sin \theta$;
RAG : C2, C4



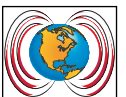
RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

S3P-4-31 définir l'intensité du champ magnétique en termes quantitatifs comme une force par unité d'élément de courant ($\vec{B} = \frac{\vec{F}_B}{I\ell}$, où $I\ell$ est un élément de courant);

RAG : C2, C4

S3P-4-32 résoudre des problèmes grâce à l'équation $\vec{F}_B = \vec{B} I \ell$.

RAG : C2, C4



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

L'élève sera apte à :

Nature des sciences

S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques;

RAG : A2

S3P-0-1b décrire l'importance de la revue par des pairs dans l'évaluation et l'acceptation de théories, de données et d'affirmations;

RAG : A4, B1

S3P-0-1c rattacher l'historique des idées scientifiques et de la technologie à la forme et à la fonction du savoir scientifique actuel;

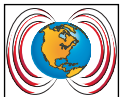
RAG : B1

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées;

RAG : A1, A2

S3P-0-1e établir la différence entre l'explication des phénomènes naturels par les théories scientifiques, et la description des régularités et des constantes de la nature au moyen des lois scientifiques;

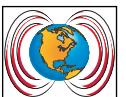
RAG : A2, D6



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

- S3P-0-2a employer les modes de représentation visuelle, numérique, symbolique ou graphique pour découvrir et représenter des relations tout en choisissant le mode le plus approprié;
RAG : C2, C3
- S3P-0-2b mener une expérience scientifique en posant une question initiale, en énonçant des hypothèses et en planifiant, en adaptant ou en poussant plus loin une démarche expérimentale;
RAG : C5, C7
- S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants;
RAG : A2, C8
- S3P-0-2d estimer et mesurer avec exactitude, en utilisant les unités du Système international (SI);
RAG : C4, C6
- S3P-0-2e évaluer la pertinence, la fiabilité et l'adéquation des données et des méthodes de collecte de données,
entre autres les sources d'erreur et l'écart dans les résultats;
RAG : C5, C8
- S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié,
entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;
RAG : C6, C7
- S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables;
RAG : C3, C8
- S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs,
entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs;
RAG : C2, C3
- S3P-0-2i sélectionner et intégrer de l'information obtenue à partir d'une variété de sources,
entre autres imprimées, électroniques, humaines;
RAG : C6, C8



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

S3P-0-3a analyser, selon diverses perspectives, des avantages et des inconvénients pour la société et l'environnement lorsqu'on applique des connaissances scientifiques ou on introduit une technologie particulière;

RAG : B1, B2

S3P-0-3b décrire des exemples d'évolution de la technologie à la suite de progrès dans le savoir scientifique, et des exemples d'évolution du savoir scientifique résultant d'innovations technologiques;

RAG : A2, B2

S3P-0-3c relever des enjeux d'ordre social liés aux sciences et à la technologie, en tenant compte des besoins humains et environnementaux et des considérations éthiques;

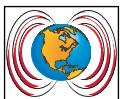
RAG : B3, B5

S3P-0-3d appliquer le processus de prise de décisions à un enjeu STSE;

RAG : B5, C4

S3P-0-3e soulever un problème, en rechercher une solution technologique ou autre et la réaliser;

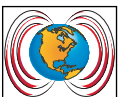
RAG : B4, C4, C6



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Attitudes

- S3P-0-4a faire preuve d'habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement;
RAG : C1, C2
- S3P-0-4b travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux;
RAG : C7
- S3P-0-4c faire preuve de confiance dans sa capacité de mener une étude scientifique, de résoudre des problèmes et d'examiner en enjeu STSE;
RAG : C3, C5
- S3P-0-4d acquérir un sens de responsabilité personnelle et collective au regard de l'impact des êtres humains sur l'environnement, et prendre en considération les conséquences d'actions prévues sur la société et l'environnement;
RAG : B1, B2
- S3P-0-4e manifester un intérêt soutenu et plus éclairé dans les sciences et les questions d'ordre scientifique;
RAG : B4, B5
- S3P-0-4f valoriser l'ouverture d'esprit, le scepticisme, l'honnêteté, l'exactitude, la précision et la persévérance en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques.
RAG : C5



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX

Le but des résultats d'apprentissage manitobains en sciences de la nature est d'inculquer à l'élève un certain degré de culture scientifique qui lui permettra de devenir un citoyen renseigné, productif et engagé. **Une fois sa formation scientifique au primaire, à l'intermédiaire et au secondaire complétée, l'élève sera apte à :**

Nature des sciences et de la technologie

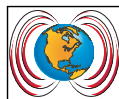
- A1. reconnaître à la fois les capacités et les limites des sciences comme moyen de répondre à des questions sur notre monde et d'expliquer des phénomènes naturels;
- A2. reconnaître que les connaissances scientifiques se fondent sur des données, des modèles et des explications, et évoluent à la lumière de nouvelles données et de nouvelles conceptualisations;
- A3. distinguer de façon critique les sciences de la technologie, en fonction de leurs contextes, de leurs buts, de leurs méthodes, de leurs produits et de leurs valeurs;
- A4. identifier et apprécier les contributions qu'ont apportées des femmes et des hommes issus de diverses sociétés et cultures à la compréhension de notre monde et à la réalisation d'innovations technologiques;
- A5. reconnaître que les sciences et la technologie interagissent et progressent mutuellement;

Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

- B1. décrire des innovations scientifiques et technologiques, d'hier et d'aujourd'hui, et reconnaître leur importance pour les personnes, les sociétés et l'environnement à l'échelle locale et mondiale;
- B2. reconnaître que les poursuites scientifiques et technologiques ont été et continuent d'être influencées par les besoins des humains et le contexte social de l'époque;
- B3. identifier des facteurs qui influent sur la santé et expliquer des liens qui existent entre les habitudes personnelles, les choix de style de vie et la santé humaine aux niveaux personnel et social;
- B4. démontrer une connaissance et un intérêt personnel pour une gamme d'enjeux, de passe-temps et de métiers liés aux sciences et à la technologie;
- B5. identifier et démontrer des actions qui favorisent la durabilité de l'environnement, de la société et de l'économie à l'échelle locale et mondiale;

Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques

- C1. reconnaître les symboles et les pratiques liés à la sécurité lors d'activités scientifiques et technologiques ou dans sa vie de tous les jours, et utiliser ces connaissances dans des situations appropriées;
- C2. démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il entreprend une étude scientifique;
- C3. démontrer des habiletés appropriées lorsqu'elle ou il s'engage dans la résolution de problèmes technologiques;
- C4. démontrer des habiletés de prise de décisions et de pensée critique lorsqu'elle ou il adopte un plan d'action fondé sur de l'information scientifique et technologique;



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX (suite)

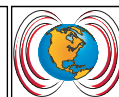
- C5. démontrer de la curiosité, du scepticisme, de la créativité, de l'ouverture d'esprit, de l'exactitude, de la précision, de l'honnêteté et de la persistance, et apprécier l'importance de ces qualités en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques;
- C6. utiliser des habiletés de communication efficaces et des technologies de l'information afin de recueillir et de partager des idées et des données scientifiques et technologiques;
- C7. travailler en collaboration et valoriser les idées et les contributions d'autrui lors de ses activités scientifiques et technologiques;
- C8. évaluer, d'une perspective scientifique, les idées et les renseignements rencontrés au cours de ses études et dans la vie de tous les jours;

Connaissances scientifiques essentielles

- D1. comprendre les structures et les fonctions vitales qui sont essentielles et qui se rapportent à une grande variété d'organismes, dont les humains;
- D2. comprendre diverses composantes biotiques et abiotiques, ainsi que leurs interactions et leur interdépendance au sein d'écosystèmes, y compris la biosphère en entier;
- D3. comprendre les propriétés et les structures de la matière ainsi que diverses manifestations et applications communes des actions et des interactions de la matière;
- D4. comprendre comment la stabilité, le mouvement, les forces ainsi que les transferts et les transformations d'énergie jouent un rôle dans un grand nombre de contextes naturels et fabriqués;
- D5. comprendre la composition de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la lithosphère ainsi que des processus présents à l'intérieur de chacune d'elles et entre elles;
- D6. comprendre la composition de l'Univers et les interactions en son sein ainsi que l'impact des efforts continus de l'humanité pour comprendre et explorer l'Univers;

Concepts unificateurs

- E1. décrire et apprécier les similarités et les différences parmi les formes, les fonctions et les régularités du monde naturel et fabriqué;
- E2. démontrer et apprécier comment le monde naturel et fabriqué est composé de systèmes et comment des interactions ont lieu au sein de ces systèmes et entre eux;
- E3. reconnaître que des caractéristiques propres aux matériaux et aux systèmes peuvent demeurer constantes ou changer avec le temps et décrire les conditions et les processus en cause;
- E4. reconnaître que l'énergie, transmise ou transformée, permet à la fois le mouvement et le changement, et est intrinsèque aux matériaux et à leurs interactions.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc A **Les champs** **gravitationnels**

L'élève sera apte à :

S3P-4-01 définir le champ gravitationnel en termes qualitatifs comme étant la région de l'espace autour d'une masse où une masse ponctuelle subit une force;
RAG: D4, D5

S3P-4-02 tracer un diagramme du champ gravitationnel de la Terre à l'aide de lignes de force;
RAG : D4, D5

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶ Inviter les élèves à écrire une liste de tout ce qu'ils savent à propos de la gravité, par exemple :

- L'accélération due à la force de gravité est 9,8 N/kg;
- C'est une force d'attraction entre deux objets;
- C'est la force qui nous garde sur la Terre;
- La valeur de la force gravitationnelle est différente d'une planète à l'autre.

Résumer les idées des élèves en ajoutant d'autres informations pertinentes ou plus exactes.

OU

❷ Inviter les élèves à prendre un verre de styromousse et à percer au fond un trou d'environ 1 cm de diamètre. Ensuite demander aux élèves de remplir le verre d'eau en plaçant un doigt sur l'ouverture du fond, puis de retirer le doigt et d'observer ce qui se passe. Leur demander de remplir à nouveau le verre puis de le laisser tomber à l'instant même qu'ils retirent leur doigt. Inviter les élèves à expliquer ce qu'ils ont observé. Lors de la première manipulation, l'eau devrait couler du trou à cause de la force de gravité exercée sur elle. Lors de la deuxième manipulation, l'eau ne devrait pas couler du trou, car le verre et l'eau tombent avec la même accélération.

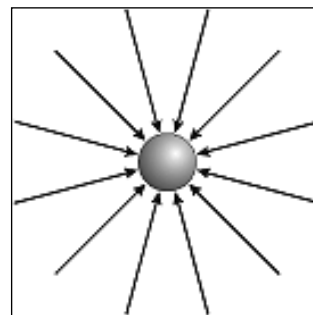
En quête

❶ Expliquer aux élèves le concept des lignes de force gravitationnelle tel que présenté par Michael Faraday. Plus les lignes sont rapprochées, plus le champ gravitationnel est intense.

Présenter aux élèves la définition opérationnelle du champ gravitationnel : la région de l'espace autour d'une masse où une masse ponctuelle subit une force. Le terme *masse ponctuelle* décrit tout objet dont la masse est distribuée autour d'un point appelé *centre de masse*.

Inviter les élèves à tracer un diagramme du champ gravitationnel de la Terre à l'aide de lignes de force (voir le diagramme ci-contre). Souligner que :

- les flèches indiquent le trajet que suivrait une masse ponctuelle placée dans le champ;
- l'intensité du champ gravitationnel devient de plus en plus élevée au fur et à mesure que les flèches se rapprochent;
- le champ est continu, les flèches ne servant qu'à l'illustrer en quelques points.



En fin

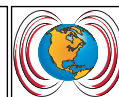
❶ Inviter les élèves à corriger les diagrammes de champ gravitationnel mal tracés (voir l'annexe 1).

S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants;
RAG : A2, C8

S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;
RAG : C6, C7.

Stratégies d'évaluation suggérées

- 1 Inviter les élèves à rédiger un conte d'enfants qui présente une définition opérationnelle du champ gravitationnel.
- 2 Inviter les élèves à tracer un diagramme du champ gravitationnel de la Terre et à décrire la contribution de Faraday dans ce domaine.
- 3 Inviter les élèves à compléter un cadre de concept au sujet du champ gravitationnel (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.26).



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc B
**L'intensité du champ
gravitationnel**

L'élève sera apte à :

S3P-4-03 définir l'intensité du
champ gravitationnel en
termes quantitatifs comme
étant une force par unité
de masse;
RAG : D4

S3P-4-04 comparer la masse au
poids;
RAG : D4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

A) Activer les connaissances antérieures des élèves en ce qui concerne la masse et le poids en leur posant des questions telles que :

- *Y a-t-il une différence entre la masse et le poids?*
- *Quels outils servent à mesurer la masse? le poids?*
- *Quelles sont les unités de mesure de la masse? du poids?*
- *Une astronaute pèse 75 kg. Quelle serait sa masse sur la Lune?*
- *Est-ce que le poids d'un objet change d'une planète à l'autre?*

B) Faire une démonstration en utilisant une masse et un dynamomètre gradué en newtons. Discuter du fonctionnement du dynamomètre (voir *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 156).

Les élèves ont établi la distinction entre la masse et le poids en 6^e année dans le contexte de leur étude du système solaire.

Bien que plusieurs auteurs emploient le terme *force du champ gravitationnel* pour désigner l'intensité du champ gravitationnel g , nous le déconseillons car il porte à confusion. L'intensité du champ gravitationnel ne consiste pas en une force mais plutôt une force par unité de masse telle que manifestée par ses unités de mesure. L'intensité du champ gravitationnel près de la surface de la Terre est de 9,8 N/kg et se dirige vers le centre de la Terre. S'assurer que les élèves comprennent que chaque kilogramme de masse près de la Terre subit une force de 9,8 N.

En quête

❶

A) Inviter les élèves à mesurer la force gravitationnelle exercée sur diverses masses à l'aide d'un dynamomètre. Demander aux élèves de compléter un rapport d'expérience qui doit inclure :

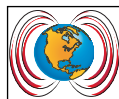
- ✓ un tableau des données (représentation numérique);
- ✓ un graphique de la force gravitationnelle en fonction de la masse (représentation graphique);
- ✓ un calcul de la constante de proportionnalité;
- ✓ une comparaison de la valeur expérimentale de la constante avec la valeur théorique de 9,8 N/kg en calculant le pourcentage d'erreur;
- ✓ une discussion des sources d'erreur;
- ✓ une équation reliant les variables étudiées (représentation symbolique).

B) Mener une discussion pour faire le lien entre l'expérience et l'intensité du champ gravitationnel en termes quantitatifs comme étant une force par unité de

masse ($\vec{g} = \frac{\vec{F}_g}{m}$). Souligner l'idée que, si on laisse tomber

un objet près de la surface de la Terre, la force gravitationnelle provoque une accélération rectiligne de l'objet vers le centre de la Terre. Ainsi, pour déterminer la force de gravité exercée sur l'objet, la formule est : $\vec{F}_g = m \vec{g}$ où \vec{F}_g = force de gravité (N), m = masse (kg)

et \vec{g} = l'intensité du champ gravitationnel ou l'accélération due à la gravité (N/kg). Inviter les élèves à résoudre des problèmes en utilisant la formule .



S3P-0-2a employer les modes de représentation visuelle, numérique, symbolique ou graphique pour découvrir et représenter des relations tout en choisissant le mode le plus approprié;
RAG : C2, C3

S3P-0-2e évaluer la pertinence, la fiabilité et l'adéquation des données et des méthodes de collecte de données, entre autres les sources d'erreur et l'écart dans les résultats;
RAG : C5, C8

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables.
RAG : C3, C8

C) Inviter les élèves à remplir un cadre de comparaison pour les termes *masse* et *poids* (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.18 et 10.24). S'assurer que les élèves comprennent que le poids, mesuré en newtons, est la force gravitationnelle qui s'exerce sur une masse, tandis que la masse, mesurée en kilogrammes, représente la quantité de matière dans un objet.

En fin

❶ Discuter des effets sur le corps humain d'une exposition de longue durée à un champ gravitationnel d'une intensité élevée ou faible (par exemple dans le cas des astronautes de la Station spatiale internationale).

OU

❷ Faire une démonstration des lectures du dynamomètre pour d'autres planètes en changeant l'échelle de l'instrument.

OU

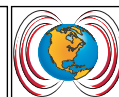
❸ Présenter la vidéocassette *Du poids et de la masse* ou tout autre documentaire traitant de la distinction entre le poids et la masse.

Stratégies d'évaluation suggérées

❶ Évaluer le rapport d'expérience des élèves à l'aide de la grille de l'annexe 2. Porter une attention particulière à l'analyse et à l'interprétation des résultats.

❷ Inviter les élèves à compléter un cadre de concepts ou un cadre sommaire de concepts pour les termes *masse* et *poids* (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.26, 11.35 et 11.36).

❸ Inviter les élèves à faire une recherche au sujet des valeurs d'intensité du champ gravitationnel à différents endroits sur la surface terrestre et pour divers corps célestes (planètes, lunes, étoiles), à rédiger une série de problèmes mathématiques associés à ces valeurs et à présenter les réponses sur une feuille séparée.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc C Les changements apparents de poids

L'élève sera apte à :

S3P-4-05 décrire en termes qualitatifs et en termes quantitatifs les changements apparents de poids dans un système qui se déplace verticalement avec un mouvement accéléré,
par exemple un ascenseur, un vaisseau spatial;
RAG: D4, E2

S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs, entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs.
RAG : C2, C3

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

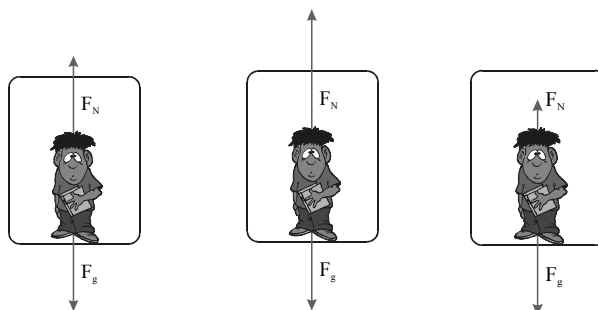
En tête

Inviter les élèves à décrire qualitativement un déplacement en ascenseur en leur donnant des bouts de phrase tels que :

- Lorsque l'ascenseur se met en mouvement vers le haut...
- Lorsque l'ascenseur se met en mouvement vers le bas...
- Lorsque l'ascenseur s'immobilise...
- Lorsque l'ascenseur se déplace à une vitesse constante...
- ...je me sens plus pesant(e).
- ...j'ai une drôle de sensation au ventre.
- ...je dirais que le plancher s'écroule.
- ...mes genoux fléchissent.
- ...c'est comme normal.

En quête

A) Inviter les élèves à dessiner des diagrammes des forces exercées sur une personne dans un ascenseur lorsque ce dernier monte ou descend à une vitesse constante, accélère vers le haut ou accélère vers le bas. Associer les sensations décrites dans la section « En tête » aux changements de la force nette.



vitesse vectorielle constante
($a = 0 \text{ m/s}^2$)

$$F_{\text{nette}} = ma$$

$$F_N + F_g = 0$$

$$F_N = -F_g$$

$$|F_N| = |F_g|$$

accélération vers le haut
($a > 0$)

$$F_{\text{nette}} = ma$$

$$F_N + F_g = (+)$$

$$F_N = (+) + (-F_g)$$

$$= (+) + (+)$$

$$\therefore |F_N| > |F_g|$$

Cela s'applique pour un ascenseur qui accélère en montant ou ralentit en descendant.

accélération vers le bas
($a < 0$)

$$F_{\text{nette}} = ma$$

$$F_N + F_g = (-)$$

$$F_N = (-) + (-F_g)$$

$$= (-) + (+)$$

$$\therefore |F_N| < |F_g|$$

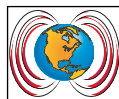
Cela s'applique pour un ascenseur qui ralentit en montant ou accélère en descendant.

B) Inviter les élèves à résoudre des problèmes sur les changements apparents de poids dans un système qui accélère verticalement (ascenseur) : $\vec{F}_{\text{nette}} = \vec{F}_N + \vec{F}_g$.

C) Inviter les élèves à enregistrer les changements apparents de poids dans un ascenseur à l'aide d'un dynamomètre, d'un pèse-personne ou d'une sonde de force. Un caméscope peut faciliter l'observation de la déviation de l'aiguille du dynamomètre ou du pèse-personne.

En fin

Inviter les élèves à faire une présentation sur la physique des manèges d'un parc d'attractions, par exemple au Parc d'exposition de la rivière Rouge.



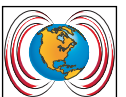
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter les élèves à concevoir une expérience pour simuler les effets d'un ascenseur à l'aide d'un dynamomètre.

❷

Inviter les élèves à résoudre des problèmes sur les changements apparents de poids dans un système qui accélère verticalement (ascenseur) : $\vec{F}_{nette} = \vec{F}_N + \vec{F}_g$
(voir l'annexe 3). Le corrigé figure à l'annexe 4.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc D Les corps en chute libre

L'élève sera apte à :

S3P-4-06 dériver l'accélération due à la gravité à partir des lois de Newton et des corps en chute libre;
RAG: C2, D6

S3P-4-07 mener une expérience pour calculer l'intensité du champ gravitationnel de la Terre;
RAG: C2, D6

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Activer les connaissances antérieures des élèves en menant une discussion à propos de la deuxième loi de Newton et de ses applications. En faisant référence aux exemples des élèves, dessiner les diagrammes de force correspondants.

Les élèves ont étudié la deuxième loi de Newton en secondaire 2.

En quête

❶

A) Démontrer aux élèves la dérivation de l'accélération due à la gravité.

Par définition, un objet qui tombe en chute libre subit uniquement la force de gravité, la force de résistance de l'air étant nulle. La force nette est donc égale à la force de gravité.

$$\vec{F}_{\text{nette}} = F \vec{g}$$

$$m \vec{a} = m \vec{g}$$

$$\vec{a} = \vec{g}$$

B) Proposer aux élèves de mener une expérience pour calculer l'intensité du champ gravitationnel de la Terre à partir d'un pendule, d'un objet qui roule sur un plan incliné ou d'un objet en chute libre. Pour faciliter les observations expérimentales, on pourrait employer :

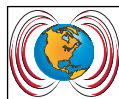
- un minuteur-enregistreur et des masses en chute libre pour construire des graphiques de la distance en fonction du temps, de la vitesse vectorielle en fonction du temps et de l'accélération en fonction du temps;
- une sonde de mouvement raccordée à une calculatrice graphique ou à un ordinateur;
- un caméscope pour enregistrer le mouvement et mesurer le déplacement en avançant image par image.

Demander aux élèves de préparer un rapport d'expérience qui présente une hypothèse, un tableau de données ainsi que la valeur expérimentale de \vec{g} .

C) Inviter les élèves à résoudre des problèmes sur la chute libre à partir de la formule $\vec{F}_g = m \vec{g}$ et des équations de cinématique du RAS S3P-3-07 (voir l'annexe 5).

Réponses :

1. $\Delta \vec{d} = -29,4 \text{ m}$
2. a) $\Delta t = 7,71 \text{ s}$
b) $\Delta \vec{d} = 73,0 \text{ m}$
c) $t_2 = 2,84 \text{ s}$ $\vec{\Delta d} = 67,9 \text{ m}$
d) $t_2 = 4,88 \text{ s}$ $\vec{\Delta d} = 67,8 \text{ m}$
e) $\vec{v}_2 = -37,8 \text{ m/s}$
3. a) $\vec{v}_{\text{moy}} = -1,13 \text{ m/s}$
b) $\vec{v}_2 = -2,26 \text{ m/s}$
c) $\vec{a}_{\text{moy}} = -1,60 \text{ m/s}^2$
d) Lune : $\vec{F}_g = -1,5 \text{ N}$
Terre : $\vec{F}_g = -9,3 \text{ N}$



S3P-4-08 résoudre des problèmes sur des objets en chute libre;
RAG: C7, C8

S3P-0-2b mener une expérience scientifique en posant une question initiale, en énonçant des hypothèses et en planifiant, en adaptant ou en poussant plus loin une démarche expérimentale;
RAG : C5, C7

S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia.
RAG : C6, C7

4. a) $\vec{v}_2 = -25,5 \text{ m/s}$
b) $F_g = 0,735 \text{ N}$

5. $\Delta t = 1,52 \text{ s}$

6. a) $\Delta \vec{d} = 1700 \text{ m}$
b) $\vec{v}_2 = -182 \text{ m/s}$

En fin

❶ Inviter les élèves à formuler leurs propres questions sur la chute libre et à se les échanger.

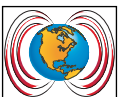
OU

❷ Inviter les élèves à consacrer une page de leur carnet scientifique aux formules de physique et à y inscrire cette nouvelle formule.

Stratégies d'évaluation suggérées

❶ Évaluer le rapport d'expérience des élèves à l'aide de la grille de l'annexe 2. Porter une attention particulière à la formulation de l'hypothèse et à l'organisation et à la présentation des données.

❷ Inviter les élèves à répondre à des questions sur la détermination expérimentale de g , la dérivation de $\vec{a} = \vec{g}$ et la résolution de problèmes de chute libre.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc E **La vitesse vectorielle terminale**

L'élève sera apte à :

S3P-4-09 décrire, en termes qualitatifs et en termes quantitatifs, la vitesse vectorielle terminale d'un objet qui tombe;
RAG : C2, D4

S3P-0-2b mener une expérience scientifique en posant une question initiale, en énonçant des hypothèses et en planifiant, en adaptant ou en poussant plus loin une démarche expérimentale;
RAG : C5, C7


Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶


Faire une démonstration avec une feuille de papier plate et une feuille de papier froissée en les laissant tomber de la même hauteur.

 L'annexe 6 présente des renseignements à ce sujet.

Demander aux élèves d'expliquer ce qu'ils observent. Ensuite, mener une discussion à propos du fonctionnement d'un parachute.

En quête

❶

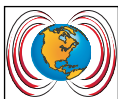
A) Expliquer aux élèves la démonstration de la section « En tête » au moyen de diagrammes de force comme ceux qui figurent à  l'annexe 6.

B) Proposer aux élèves de mener une expérience pour déterminer la vitesse terminale d'un objet qui tombe, par exemple en laissant tomber un filtre de café au-dessus d'une sonde de mouvement raccordée à une calculatrice graphique ou à un ordinateur ou en laissant tomber des objets dans des liquides de viscosités différentes (voir *Physique 11*, p. 65). Les inviter à compléter un rapport d'expérience qui présente une question précise, une méthode pour répondre à leur question ainsi qu'une analyse de leurs données.

En fin

❶

Inviter les élèves à soulever d'autres exemples d'objets qui atteignent une vitesse terminale en tombant, par exemple les feuilles qui tombent d'un arbre, des plumes qui tombent d'un oiseau ou les graines de certaines plantes.



S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants;
RAG : A2, C8

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables;
RAG : C3, C8

S3P-0-3e soulever un problème, en rechercher une solution technologique ou autre et la réaliser.
RAG : B4, C4, C6

Stratégies d'évaluation suggérées

❶

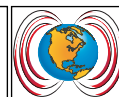
Inviter les élèves à construire un objet qui atteint rapidement la vitesse terminale et à tester leur objet en classe. Les élèves dont l'objet qui atterrit en dernier gagnent. Inviter les élèves à tracer des diagrammes de forces de l'objet au moment où sa chute commence, avant d'atteindre la vitesse terminale et lorsque la vitesse terminale est atteinte. Inviter les élèves à examiner l'objet gagnant et à inférer pourquoi il est tombé plus lentement que les autres.

❷

Inviter les élèves à compléter un cadre de comparaison pour des objets en chute libre et des objets qui atteignent une vitesse terminale (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.18 et 10.24).

❸

Évaluer le rapport d'expérience des élèves à l'aide de la grille de l'annexe 2. Porter une attention particulière à la formulation de la question initiale, à la méthode proposée, à l'analyse et à l'interprétation des résultats.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc F
**Le coefficient
de frottement**

L'élève sera apte à :

S3P-4-10 définir « coefficient de frottement (μ) » comme étant le rapport de la force de frottement à la force normale;
RAG: C2, D4

S3P-4-11 distinguer la force de frottement statique de la force de frottement cinétique;
RAG : C2, D4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à discuter des questions suivantes :

- *Les effets de la force de frottement sont-ils toujours nuisibles? (Non. La force de frottement nous permet de marcher, permet aux véhicules de démarrer et de s'arrêter.)*
- *Si vous voulez tirer une boîte lourde sur une surface, est-ce qu'il est plus difficile de la mettre en mouvement que de la déplacer une fois qu'elle est mise en mouvement? (Il est plus facile de la déplacer une fois qu'elle est mise en mouvement.)*

En quête

❶

A) Expliquer aux élèves ce qu'est un coefficient de frottement. Consulter l'annexe 7 pour des renseignements à ce sujet.

B) Proposer aux élèves de mener une expérience afin de déterminer le coefficient de frottement cinétique entre deux surfaces (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 107-108 ou *Physique II*, p. 185). Inviter les élèves à noter leurs observations et leurs conclusions dans leur carnet scientifique.

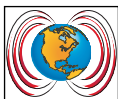
C) Inviter les élèves à résoudre des problèmes de coefficient de frottement (voir l'annexe 8). Revoir les problèmes en classe pour s'assurer que les élèves saisissent bien les concepts. Le corrigé figure à l'annexe 9.

En fin

❶

Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes dans leur carnet scientifique :

- *Pourquoi utilise-t-on des chaînes ou des pneus à crampons l'hiver?*
- *Pourquoi est-il plus difficile d'arrêter une voiture sur une route mouillée que sur une route sèche?*
- *Pourquoi met-on du sable sur les routes l'hiver?*
- *Pourquoi doit-on ajouter de l'huile au moteur d'une voiture?*



S3P-4-12 comparer les effets de la force normale, des matériaux en contact et de la vitesse sur la force de frottement;
RAG : C2, D4

S3P-4-13 résoudre des problèmes reliés au coefficient de frottement pour des objets sur une surface horizontale;
RAG : C2, D4

S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs, entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs.
RAG : C2, C3

Stratégies d'évaluation suggérées

❶

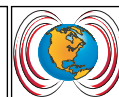
Inviter les élèves à comparer la force de frottement statique à la force de frottement cinétique à l'aide d'un cadre de comparaison (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.24)

❷

Inviter les élèves à résoudre des problèmes de coefficient de frottement semblables à ceux de l'annexe 8 en utilisant la technique des notes explicatives (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.14 et 13.15).

❸

Ramasser les carnets scientifiques des élèves afin de vérifier leur compréhension des effets de la force normale, des matériaux en contact et de la vitesse sur la force de frottement.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc G **Les champs électriques**

L'élève sera apte à :

S3P-4-14 définir le champ électrique en termes qualitatifs comme étant la région de l'espace autour d'une charge où une charge d'essai positive subit une force;
RAG : C6, D4

S3P-4-15 tracer un diagramme d'un champ électrique à l'aide de lignes de force tracées par rapport à une charge d'essai positive, entre autres à proximité d'une autre charge (positive ou négative), à proximité de deux charges de même signe, près de deux charges de signes opposés, entre une charge et une plaque chargée, entre deux plaques parallèles dont les charges sont de signes opposés;
RAG : C6, D4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Activer les connaissances antérieures des élèves au moyen d'une démonstration simple, par exemple suspendre deux ballons d'une ficelle et les frotter au moyen d'un chiffon de laine. (Les deux ballons acquerront la même charge et se repousseront.) Inviter les élèves à expliquer leurs observations dans leur carnet scientifique au moyen de phrases et d'un diagramme.

L'électrostatique est présentée en grand détail en secondaire 1.

OU

❷

Activer les connaissances antérieures des élèves en ce qui a trait aux diagrammes de champs gravitationnels (voir le bloc d'enseignement A) :

- les flèches indiquent le trajet que suivrait une masse placée dans le champ;
- le rapprochement des flèches représente l'intensité croissante du champ gravitationnel;
- le champ est continu, les flèches ne servant qu'à l'illustrer en quelques points.

En quête

❶

Définir le champ électrique en termes qualitatifs comme étant la région de l'espace autour d'une charge où une charge d'essai positive subit une force. Inviter les élèves à observer les champs électriques au moyen d'une démonstration ou d'une simulation informatique :

- attacher des ficelles ou des lisières de papier minces à une machine de Van der Graaf;
- suspendre une électrode et des graines d'herbe ou des fibres dans de l'huile minérale;
- visiter un site Web tel que *À la découverte des champs électriques* de l'université de Laval.

Faire le lien entre les champs électriques observés et les diagrammes tracés par les élèves.

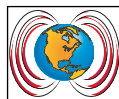
Inviter les élèves à tracer des diagrammes de champs électriques pour une charge d'essai positive dans les situations ci-dessous (voir l'annexe 10) :

- à proximité d'une autre charge (positive ou négative)
- à proximité de deux charges de même signe
- entre deux plaques parallèles dont les charges sont de signes opposés.

En fin

❶

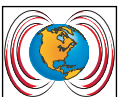
Inviter les élèves à compléter un cadre de comparaison pour faire ressortir les ressemblances et les différences entre les champs gravitationnels et électriques (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.18 et 10.24). Une différence importante provient du fait que les champs gravitationnels consistent toujours en forces d'attraction alors que les champs électriques peuvent consister en forces d'attraction et de répulsion.



S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants.
RAG : A2, C8

Stratégies d'évaluation suggérées

- ❶ Inviter les élèves à faire leur propre démonstration d'un phénomène électrostatique et à expliquer la présence d'un champ électrique au moyen d'un diagramme.
- ❷ Inviter les élèves à préparer des diagrammes de champ électrique au moyen d'un logiciel.
- ❸ Inviter les élèves à compléter un cadre sommaire de concept pour le champ électrique (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.25 et 11.37).



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc H L'intensité du champ électrique

L'élève sera apte à :

S3P-4-16 définir l'intensité du champ électrique en termes quantitatifs comme étant une force par unité de charge ($\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$) et résoudre des problèmes à l'aide de la formule $\vec{F}_e = q \vec{E}$;
RAG : D4

S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants;
RAG : A2, C8

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Activer les connaissances antérieures des élèves en ce qui concerne l'intensité du champ gravitationnel. Les questions suivantes peuvent servir de guide :

- *Que signifie l'expression intensité du champ gravitationnel?*
- *Quelle formule permet de calculer l'intensité du champ gravitationnel?*
- *Que signifie chacune des variables?*
- *Quelles sont les unités de mesure de chacune des variables?*

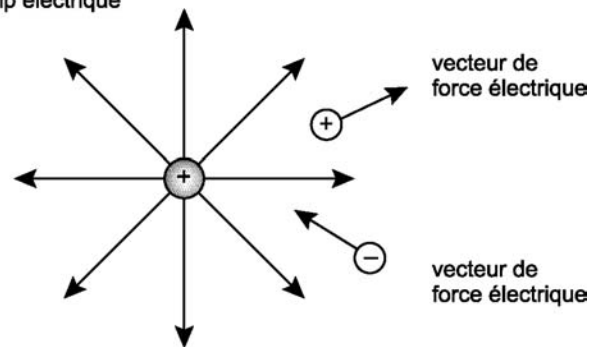
En quête

❶

Présenter l'intensité du champ électrique en faisant le lien avec l'intensité du champ gravitationnel. Souligner que l'intensité du champ électrique est une force par unité de charge, c'est-à-dire la force qu'une charge d'un coulomb subirait à un point donné. Présenter la formule $\vec{F}_e = q \vec{E}$ en relevant les ressemblances à la formule $\vec{F}_g = m \vec{g}$. Inviter les élèves à mettre la formule en application en résolvant des problèmes (voir l'annexe 11). Le corrigé figure à l'annexe 12.

Amener les élèves à faire la distinction entre l'orientation du vecteur champ et celle du vecteur force. L'orientation du vecteur champ est toujours celle d'une charge d'essai positive placée dans le champ. L'orientation du vecteur force correspond au trajet que suivrait la charge; cela dit, le vecteur force et le vecteur champ ont la même orientation s'il s'agit d'une charge positive et une orientation opposée s'il s'agit d'une charge négative.

vecteurs du
champ électrique

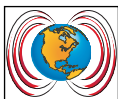


En fin

❶

A) Inviter les élèves à formuler des problèmes à partir de la formule $\vec{F}_e = q \vec{E}$ et à noter les solutions sur des feuilles distinctes.

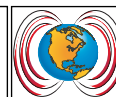
B) Inviter les élèves à consacrer une page de leur carnet scientifique aux formules de physique et à y inscrire cette nouvelle formule.



S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs, entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs.
RAG : C2, C3

Stratégies d'évaluation suggérées

- ❶ Inviter les élèves à s'échanger les problèmes rédigés dans la section « En fin » et à les évaluer.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc I
**Le mouvement
des charges entre
des plaques parallèles**

L'élève sera apte à :

S3P-4-17 résoudre des problèmes sur le mouvement des charges entre des plaques parallèles où $\vec{F}_{nette} = \vec{F}_e + \vec{F}_g$;
RAG : C2, D4

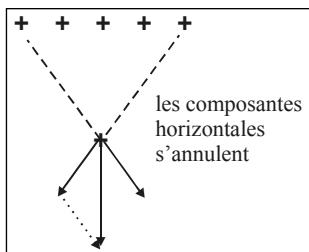
S3P-0-2h analyser des problèmes au moyen de vecteurs, entre autres l'addition et la soustraction de vecteurs en lignes droites et à angle droit, les composantes des vecteurs.
RAG : C2, C3

Stratégies d'enseignement suggérées

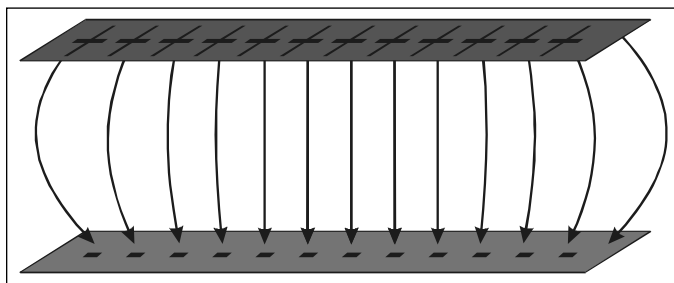
STRATÉGIE N° 1

En tête

❶ A) Inviter les élèves à dessiner les vecteurs représentant les lignes de force provenant d'une ligne de charge et qui agissent sur une charge d'essai positive. Les composantes horizontales des charges correspondantes s'annulent et les composantes verticales s'additionnent.



B) Réviser avec les élèves le diagramme du champ électrique (à l'aide de lignes de force) entre deux plaques parallèles dont les charges sont de signes opposés. Dans ce cas, l'effet décrit ci-dessus augmente, le champ électrique est constant (sauf aux bords du champ) et orienté de la plaque positive vers la plaque négative.



En quête

❶ Inviter les élèves à résoudre des problèmes sur le mouvement des charges entre des plaques parallèles où $\vec{F}_{nette} = \vec{F}_e + \vec{F}_g$ (voir l'annexe 13). Étant donné que le champ électrique entre les plaques parallèles est constant, les élèves peuvent se servir des équations de cinématique présentées dans le troisième regroupement, ainsi que la deuxième loi de Newton. Pour le cours de *Physique 30S*, les élèves devraient résoudre les problèmes relatifs aux charges qui se propagent dans une ligne droite entre les deux plaques. Les problèmes peuvent inclure la résolution pour la valeur de la charge (q), de l'intensité du champ électrique (\vec{E}), de la force électrique (\vec{F}_e), de la masse (m), de la force de gravité (\vec{F}_g), de la force nette (\vec{F}_{nette}), de l'accélération (\vec{a}), de la vitesse vectorielle finale (v_2) ou du déplacement (Δd).

En fin

❶ Inviter les élèves à ajouter les nouvelles formules à leur page consacrée aux formules de physique dans leur carnet scientifique.

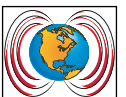
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Ramasser les carnets scientifiques des élèves afin d'évaluer leur habileté de résoudre des problèmes sur le mouvement des charges entre des plaques parallèles.

Réponses de l'annexe 13 :

1. a) $\vec{F}_g = 4,26 \times 10^{-14} \text{ N}$ vers le bas
b) $\vec{F}_{nette} = 5,60 \times 10^{-15} \text{ N}$ vers le bas
c) $\vec{a} = 1,29 \text{ m/s}^2$ vers le bas
2. a) $\vec{F}_{nette} = 3,28 \times 10^{-15} \text{ N}$ vers le haut
b) $\vec{F}_g = 5,62 \times 10^{-14} \text{ N}$ vers le bas
c) $\vec{F}_e = 5,95 \times 10^{-14} \text{ N}$ vers le haut
3. a) $\vec{F}_e = 5,76 \times 10^{-13} \text{ N}$ vers le haut
b) $\vec{F}_g = 6,08 \times 10^{-13} \text{ N}$ vers le bas
c) $\vec{v}_2 = 1,34 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ vers le bas
d) $\Delta \vec{d} = 1,74 \times 10^{-16} \text{ m}$
4. $\vec{v}_2 = 0,374 \text{ m/s}$ vers le haut
5. $\Delta t = 6,2 \times 10^{-2} \text{ s}$



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc J L'expérience de Millikan

L'élève sera apte à :

S3P-4-18 résumer l'expérience de Millikan dans la découverte de la charge élémentaire et déterminer

$$\text{la charge si } \left| \vec{F}_e \right| = \left| \vec{F}_g \right|;$$

RAG : A4, B1

S3P-4-19 donner la définition du terme charge élémentaire et effectuer la conversion des charges élémentaires en coulombs, entre autres $q = Ne$;
RAG : A4, B1

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes :

- Existe-t-il dans la nature une unité de charge électrique minimale dont toutes les autres unités sont des multiples?
- Si oui, quelle est cette charge élémentaire? (La charge élémentaire correspond à la charge d'un électron ou d'un proton.)

En quête

❶

A) Décrire l'expérience de Millikan au moyen d'un cadre de notes (voir les annexes 14 et 15). Faire le lien avec la notion de vitesse terminale présentée au bloc d'enseignement E.

Présenter le coulomb comme étant égal à $6,25 \times 10^{18}$ charges élémentaires et inviter les élèves à faire des conversions entre le nombre de charges élémentaires et les coulombs à l'aide de la formule $q = Ne$.

$$1 \text{ C} = 6,25 \times 10^{18} e$$

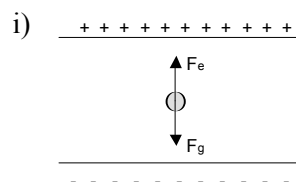
$$e = \frac{1 \text{ C}}{6,25 \times 10^{18}} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

B) Inviter les élèves à résoudre des problèmes sur l'expérience de Millikan pour trouver la quantité de charge (q), la force électrique (\vec{F}_e), la masse (m), la force de gravité (\vec{F}_g) et le nombre de charges élémentaires (N). Voici un exemple d'un tel problème :

Une gouttelette d'huile chargée négativement, dont la masse est égale à $2,0 \times 10^{-5} \text{ kg}$, est en équilibre entre deux grandes plaques parallèles horizontales. La gouttelette reste immobile quand l'intensité du champ électrique est de $4,2 \times 10^5 \text{ N/C}$.

- Faire un diagramme qui indique la charge sur chaque plaque.
- Combien de charges élémentaires y a-t-il sur la gouttelette d'huile?

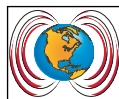
Solution




- Nous savons que : $m = 2,0 \times 10^{-5} \text{ kg}$, $E = 4,2 \times 10^5 \text{ N/C}$
 $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $g = 9,8 \text{ N/kg}$

Lorsque la gouttelette est en équilibre :

$$\begin{aligned} \left| \vec{F}_e \right| &= \left| \vec{F}_g \right| \\ q \vec{E} &= m \vec{g} \\ q &= \frac{m \vec{g}}{\vec{E}} \\ Ne &= \frac{m \vec{g}}{\vec{E}} \quad (\text{car } q = Ne) \\ N &= \frac{m \vec{g}}{e \vec{E}} = \frac{(2 \times 10^{-5} \text{ kg})(9,8 \text{ N/kg})}{(1,6 \times 10^{-19} \text{ C})(4,2 \times 10^5 \text{ N/C})} \\ &= 3 \times 10^9 \text{ électrons} \end{aligned}$$



S3P-0-1b décrire l'importance de la revue par des pairs dans l'évaluation et l'acceptation de théories, de données et d'affirmations.
RAG : A4, B1

C) Inviter les élèves à lire l'article de  l'annexe 16 et à discuter de la question suivante :

- *Si un scientifique obtient la « bonne » réponse, faut-il s'inquiéter du fait que les données aient été « arrangées », « manipulées », faussées ou même complètement inventées?*

En fin

❶ Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes dans leur carnet scientifique :

- *L'utilisation sélective de données par Millikan constitue-t-elle une pratique scientifique valide?*
- *Selon vous, pourquoi la revue par les paires est-elle un processus important en sciences?*



En plus

❶ Démontrer l'expérience de Millikan en utilisant des animations ou des simulations (voir le site *Web Expérience de Millikan* à titre d'exemple).

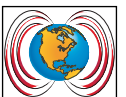
OU

❷ Faire l'expérience de Millikan comme démonstration en classe. Inviter les élèves à analyser les données ensemble (voir *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 606-611).

Stratégies d'évaluation suggérées

❶ Inviter les élèves à compléter un test sur l'expérience de Millikan ( voir l'annexe 17). Le corrigé figure à  l'annexe 18.

❷ Ramasser les carnets scientifiques des élèves afin d'évaluer leur habileté à décrire l'importance de la revue par des pairs.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc K **Les champs magnétiques**

L'élève sera apte à :

S3P-4-20 définir le champ magnétique comme étant la région de l'espace autour d'un aimant où un autre aimant subit une force;
RAG: C6, C8

S3P-4-21 faire la démonstration d'un champ magnétique et en dessiner les lignes de force, entre autres les aimants droits ou les aimants en fer à cheval, entre des pôles semblables ou des pôles opposés;
RAG: C6, C8

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶ Inviter les élèves à formuler une définition du champ magnétique à partir des définitions de champ gravitationnel et de champ électrique qu'ils connaissent déjà.

Des renseignements pour l'enseignant au sujet des champs magnétiques sont présentés à l'annexe 19.

En quête

❶ A) Proposer aux élèves de mener une expérience pour tracer les lignes de force magnétique autour d'un aimant à l'aide d'une boussole (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 577-579) ou de limaille de fer (voir *Physique II*, p. 603). Répéter la procédure pour tracer les lignes de force magnétique entre des pôles semblables et des pôles opposés. Discuter du besoin d'une convention en ce qui concerne l'orientation des lignes de force et du fait qu'on a choisi l'orientation d'une boussole de sorte que les lignes de force quittent toujours le pôle nord pour aller au pôle sud. Inviter les élèves à relever sur les diagrammes les zones où les lignes de force magnétique sont concentrées et à étiqueter ces zones *pôles*. Souligner le fait que les pôles existent toujours en paires.

Demander aux élèves de préparer un rapport d'expérience qui présente une question précise ainsi que des diagrammes de leurs observations.

B) Inviter les élèves à explorer les forces magnétiques d'attraction et de répulsion à l'aide d'aimants et à observer que les pôles semblables se repoussent et que les pôles opposés s'attirent.

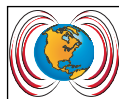
En fin

❶ Inviter les élèves à préparer une carte conceptuelle de leurs connaissances des champs magnétiques.

OU

❷ Inviter les élèves à répondre à la question suivante dans leur carnet scientifique :

- *Donnez des exemples de champs magnétiques, électriques et gravitationnels dans votre chez-soi.*



S3P-4-22 décrire le concept de pôles magnétiques et montrer que les pôles semblables se repoussent et que les pôles opposés s'attirent;
RAG : A2, D4

S3P-0-2c formuler des définitions opérationnelles de variables ou de concepts importants;
RAG : A2, C8

S3P-0-2f enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia.
RAG : C6, C7

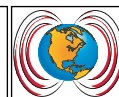
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter les élèves à relever les ressemblances et les différences entre les champs gravitationnels, électriques et magnétiques au moyen d'un cadre de rapports entre concepts (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.20-11.22 et 11.35).

❷

Évaluer le rapport d'expérience des élèves en portant une attention particulière à la formulation de la question et aux diagrammes.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc L **La théorie des domaines**

L'élève sera apte à :

S3P-4-23 décrire un modèle de magnétisme par la théorie des domaines, entre autres les matériaux ferromagnétiques et l'attraction d'objets de fer aux pôles nord et sud;
RAG : A2, D4

S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques.
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

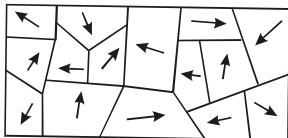
STRATÉGIE N° 1

En tête

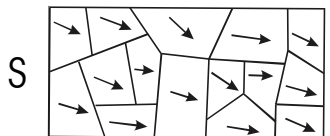
❶

Inviter les élèves à magnétiser un trombone (ou un clou) avec un aimant puissant et à observer qu'il se démagnétise rapidement, surtout si on lui donne un coup ou le laisse tomber. Inviter les élèves à formuler une hypothèse pour expliquer leurs observations.

La théorie des domaines est un modèle simple du magnétisme. Selon elle, tous les matériaux sont formés de régions minuscules nommées domaines. Ces domaines se comportent comme des aimants minuscules. Lorsque les domaines sont orientés de façon aléatoire, les effets magnétiques s'annulent. Lorsque les domaines s'alignent, la substance est magnétisée.



Les domaines sont orientés de façon aléatoire.



Les domaines sont alignés.

En quête

❶

Inviter les élèves à lire un passage traitant de la théorie des domaines (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 575-577; *La physique et le monde moderne*, p. 489-491; *Physique 11*, p. 583 et 584; *Physique 12*, p. 385-387; ou *Principes fondamentaux de la physique*, p. 621 et 622), à en ressortir les grandes lignes, à en discuter avec un partenaire et à préparer ensemble un résumé. Le résumé doit répondre aux questions suivantes :

- *Qu'est-ce que la théorie des domaines? Qu'est-ce qu'un domaine?*
- *Comment la théorie des domaines explique-t-elle :*
 - a) la magnétisation d'un trombone?*
 - b) la démagnétisation d'un aimant?*
 - c) l'inversion des pôles d'un aimant?*
 - d) la fragmentation d'un aimant?*
- *Est-ce que tous les objets peuvent être magnétisés? Expliquez votre réponse.*

En fin

❶

Inviter les élèves à ajouter ces nouveaux concepts à la carte conceptuelle commencée au bloc d'enseignement précédent.

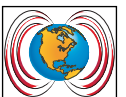
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter chaque groupe de deux élèves à lire le résumé d'un autre groupe et à lui poser des questions pour obtenir des précisions. Vérifier la compréhension des élèves à l'aide de la stratégie d'évaluation « Les têtes numérotées » (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.12).

❷

Inviter les élèves à évaluer la théorie des domaines en se basant sur les critères établis dans le RAS S3P-2-05.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc M
**L'influence et les effets
du champ magnétique
de la Terre**

L'élève sera apte à :

S3P-4-24 étudier l'influence et les effets du champ magnétique de la Terre, entre autres les aurores polaires, la déclinaison magnétique et l'inclinaison magnétique;
RAG : C2, D4

S3P-0-2i sélectionner et intégrer de l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines;
RAG : C6, C8

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Discuter du fonctionnement de la boussole et amener les élèves à comprendre que l'aiguille de la boussole s'aligne avec les lignes du champ magnétique de la Terre.

En quête



Inviter les élèves à former des groupes de deux. Chaque groupe doit faire une courte recherche au sujet de l'influence et des effets du champ magnétique de la Terre, par exemple :

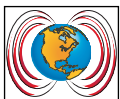
- L'inclinaison et la déclinaison magnétique;
- Les aurores polaires;
- Les migrations animales et le champ magnétique de la Terre;
- La répercussion du magnétomètre sur la théorie de la tectonique des plaques;
- Les effets des perturbations géomagnétiques sur les satellites;
- Les effets des perturbations géomagnétiques sur les réseaux électriques;
- La contribution d'explorateurs tels que Sir John Ross et Roald Amundsen à la détermination du vrai Nord magnétique;
- L'utilisation d'une boussole pour s'orienter.

Encourager les élèves à puiser de l'information de sources variées, à noter les références bibliographiques (voir l'annexe 9 du regroupement 1) et à examiner l'information pour en déterminer l'utilité. Inviter chaque groupe à présenter le fruit de sa recherche sous forme d'affiche détaillée, accompagnée d'un bref exposé oral. Demander aussi aux groupes de remettre à l'enseignant cinq questions (avec réponses) qui se rapportent à leur sujet.

En fin



Inviter les élèves à faire une autoévaluation de leur travail de groupe (voir l'annexe 20).



S3P-0-4b travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux.
RAG : C7

Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Évaluer la recherche de chaque groupe. Voici certains aspects à examiner :

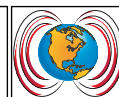
- variété de sources d'information;
- qualité de la bibliographie;
- présence de tous les renseignements clés;
- travail de groupe à partir de l'autoévaluation.

❷

En s'inspirant des questions-réponses suggérées par les groupes, élaborer un test de révision.

❸

Inviter les élèves à réviser les concepts des champs magnétiques en complétant la feuille de travail à l'annexe 21.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc N **L'électromagnétisme**

L'élève sera apte à :

S3P-4-25 décrire le phénomène de l'électromagnétisme et en faire la démonstration;
RAG : D4

S3P-4-26 tracer un diagramme du champ magnétique autour d'un fil conducteur rectiligne, entre autres la direction et l'intensité du champ;
RAG : C8, D4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Faire ressortir les ressemblances entre les champs électriques et les champs magnétiques en discutant des observations de William Gilbert à ce sujet (voir l'annexe 22).

En quête



A) Faire une démonstration de l'électromagnétisme en plaçant une boussole sur le rétroprojecteur à proximité d'un fil conducteur rectiligne relié à une source électrique et en ouvrant et fermant le circuit plusieurs fois. Inviter les élèves à formuler une hypothèse pour expliquer leurs observations.

OU

Faire une démonstration de l'électromagnétisme en faisant suspendre entre les pôles d'un aimant un morceau de papier aluminium d'une longueur de 0,5 m et d'une largeur de 0,05 m. Fixer une source électrique à faible potentiel (jusqu'à 3 A) aux deux extrémités du papier aluminium. La force qui agit sur le papier aluminium le soulèvera.

B) Passer en revue les hypothèses formulées par les élèves et énoncer le principe fondamental de l'électromagnétisme de Hans Christian Ørsted : le mouvement des électrons engendre un champ magnétique (voir l'annexe 22).

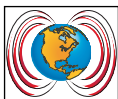
Lors du bloc d'enseignement L, les élèves ont étudié les notions de base de la théorie des domaines sans considérer ce qui rend les domaines magnétiques. Expliquer que les électrons en orbite autour du noyau créent un champ magnétique, que dans la plupart des substances les divers champs magnétiques créés s'annulent et que, dans d'autres substances, ils ne s'annulent pas, ce qui leur donne un certain magnétisme.

C) Inviter les élèves à répéter la démonstration de la section « En tête » et à tracer un diagramme du champ magnétique entourant le fil conducteur. Expliquer comment déterminer le sens du champ magnétique à l'aide de la règle de la main gauche ou de la main droite (voir l'annexe 22).

En fin



Inviter les élèves à consacrer une page de leur carnet scientifique aux formules de physique et à y inscrire la règle de la main gauche ou de la main droite pour les conducteurs rectilignes.



S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées;
RAG : C2, C3

S3P-0-2a employer les modes de représentation visuelle, numérique, symbolique ou graphique pour découvrir et représenter des relations tout en choisissant le mode le plus approprié.
RAG : A1, A2

Stratégies d'évaluation suggérées

❶

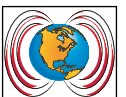
Inviter les élèves à compléter une série d'exercices pour :

- tracer la forme du champ magnétique autour d'un conducteur rectiligne;
- déterminer le sens du champ magnétique autour d'un conducteur rectiligne en tenant compte du sens du courant électronique ou conventionnel;
- déterminer le sens du courant électronique ou conventionnel à partir d'un diagramme du champ magnétique autour d'un conducteur rectiligne.

❷

Inviter les élèves à répondre à la question suivante dans leur carnet scientifique :

- *À l'aide d'au moins deux exemples, décrivez comment les découvertes scientifiques ont mené à la compréhension de l'interaction entre l'électricité et le magnétisme.*



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc O **Le solénoïde**

L'élève sera apte à :

S3P-4-27 décrire le champ magnétique d'un solénoïde et en tracer un diagramme, entre autres la direction et l'intensité du champ;
RAG : C8, D4

S3P-4-28 décrire le fonctionnement d'un électroaimant et en faire la démonstration, entre autres les applications courantes des électroaimants.
RAG : C8, D4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à formuler une hypothèse de la forme du champ magnétique d'une bobine de fil à partir de leurs connaissances du champ magnétique des fils conducteurs rectilignes.

En quête

❶

A) Inviter les élèves à tracer le champ magnétique autour d'une bobine de fil conducteur en se servant de boussoles. Souligner que le champ magnétique est plus intense à l'intérieur qu'à l'extérieur de la bobine. Présenter la règle de la main gauche ou de la main droite relativement à la direction du courant dans une bobine de fil.

Présenter la définition de solénoïde et inviter les élèves à tracer le champ magnétique autour d'un solénoïde en se servant de boussoles.

B) Inviter les élèves à construire un électroaimant et à expliquer son fonctionnement (voir l'annexe 23). Demander ensuite aux élèves de lire un texte au sujet des applications des électroaimants (voir *Physique II*, p. 589, *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 591-593, ou *La physique et le monde moderne*, p. 502 et 503).

En fin

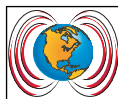
❶

Inviter les élèves à inscrire dans leur carnet scientifique la règle de la main gauche ou de la main droite relativement à la direction du courant dans une bobine de fil ou un solénoïde.

OU

❷

Inviter les élèves à compléter un cadre de comparaison pour comparer les règles de la main gauche et de la main droite pour les fils conducteurs rectilignes et les bobines de fil (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.15-10.18 et 10.24).



Stratégies d'évaluation suggérées

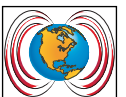
❶

Inviter les élèves à compléter une série d'exercices pour :

- tracer la forme du champ magnétique d'une bobine de fil ou d'un solénoïde;
- déterminer le sens du champ magnétique d'une bobine de fil ou d'un solénoïde en tenant compte du sens du courant électronique ou conventionnel;
- déterminer le sens du courant électronique ou conventionnel à partir d'un diagramme du champ magnétique d'une bobine de fil ou d'un solénoïde.

❷

Inviter les élèves à expliquer dans leur carnet scientifique comment fonctionne un électroaimant et à décrire quelques applications courantes des électroaimants.



Résultats d'apprentissage spécifiques
pour le bloc d'enseignement :

Bloc P
La force
électromagnétique

L'élève sera apte à :

S3P-4-29 mener une expérience pour démontrer que, dans un champ électromagnétique, $\vec{B} \propto I$;
RAG : C2, C4

S3P-4-30 décrire la force exercée sur un fil conducteur qui traverse un champ magnétique, entre autres $F_B = \vec{B} I \ell \sin \theta$;
RAG : C2, C4

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶ Faire une démonstration pour illustrer l'effet d'un champ magnétique sur un fil conducteur qui le traverse. Pour ce faire :

- construire un circuit électrique comprenant une feuille de papier d'aluminium repliée et suspendue entre deux supports universels;
- approcher un aimant en fer à cheval de sorte que la feuille de papier d'aluminium se trouve entre les deux extrémités;
- quand aucun courant ne passe par la feuille d'aluminium, il n'y a aucun effet;
- quand un courant passe par la feuille d'aluminium, il y a déviation vers le haut ou le bas selon la position relative des deux pôles.

D'autres démonstrations semblables se trouvent dans *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 604 et 605, ou *Physique 11*, p. 605 et 606.

Inviter les élèves à inscrire leurs observations de la démonstration dans leur carnet scientifique et à formuler des explications du phénomène.

En quête

❶ A) Proposer aux élèves de mener une expérience afin d'analyser la relation entre le champ magnétique et l'intensité du courant dans un champ électromagnétique (voir *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 662-664, ou *Physique 12*, p. 422 et 423). Leur indiquer qu'ils doivent compléter un rapport d'expérience (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.28, 11.29, 11.38 et 11.39).

B) Faire une mise en commun des explications proposées par les élèves dans la section « En tête » et expliquer le phénomène à l'aide de diagrammes.

C) Définir l'intensité du champ magnétique en termes quantitatifs comme une force par unité d'élément de courant, où $I \ell$ est un élément de courant : $\vec{B} = \frac{\vec{F}_B}{I \ell}$. Au moyen d'un tableau de comparaison comme celui-ci, faire remarquer les ressemblances entre cette formule et celles qui sont employées pour l'intensité du champ gravitationnel et l'intensité du champ électrique.

| | Symbole | Formule | Unités |
|-----------------------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|
| Intensité du champ gravitationnel | \vec{g} | $\frac{\vec{F}_g}{m}$ | $\frac{N}{kg}$ |
| Intensité du champ électrique | \vec{E} | $\frac{\vec{F}_e}{q}$ | $\frac{N}{C}$ |
| Intensité du champ magnétique | \vec{B} | $\frac{\vec{F}_B}{I \ell}$ | $\frac{N}{A \cdot m}$ ou T |

D) Inviter les élèves à résoudre des problèmes au moyen de la formule $\vec{B} = \frac{\vec{F}_B}{I \ell}$.

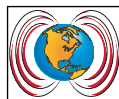
En fin

❶ Inviter les élèves à réviser les concepts des champs magnétiques et de l'électromagnétisme au moyen de l'annexe 24. Le corrigé figure à l'annexe 25.

OU

❷ Inviter les élèves à consacrer une page de leur carnet scientifique aux formules de physique et à y inscrire la formule $\vec{B} = \frac{\vec{F}_B}{I \ell}$.

OU



S3P-4-31 définir l'intensité du champ magnétique en termes quantitatifs comme une force par unité d'élément de courant ($\vec{B} = \frac{\vec{F}}{I\ell}$, où $I\ell$ est un élément de courant);
RAG : C2, C4

S3P-4-32 résoudre des problèmes grâce à l'équation
 $\vec{F}_B = \vec{B} I \ell$;
RAG : C2, C4

S3P-0-2g interpréter des régularités et des tendances dans les données, et inférer ou calculer les relations linéaires entre les variables.
RAG : C3, C8

3

Inviter les élèves à dresser un tableau de comparaison des trois règles de la main gauche ou droite, par exemple :

| | À quel type de courant s'applique-t-elle? | À quelle situation s'applique-t-elle? | Que représente le pouce? | Que représentent les doigts? |
|------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Règle de la main gauche n° 1 | Courant électro-nique | Conduc-teur recti-ligne | Courant électro-nique | Champ magné-tique |
| Règle de la main gauche n° 2 | Courant électro-nique | Bobine de fil ou solénoïde | Champ magné-tique | Courant électro-nique |
| Règle de la main droite n° 1 | Courant conven-tionnel | Conduc-teur recti-ligne | Courant conven-tionnel | Champ magné-tique |
| Règle de la main droite n° 2 | Courant conven-tionnel | Bobine de fil ou solénoïde | Champ magné-tique | Courant conven-tionnel |

Stratégies d'évaluation suggérées

1

Évaluer le rapport d'expérience des élèves à l'aide d'une grille d'évaluation (voir l'annexe 2). Porter une attention particulière à l'organisation des données et à l'analyse des résultats.

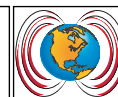
2

Inviter les élèves à décrire ce qui arriverait dans les situations ci-dessous :

| Imagine que tu es : | une masse | une charge positive | un aimant |
|---|-----------|---------------------|-----------|
| près de la Terre | | | |
| près d'une charge + | | | |
| près d'une charge - | | | |
| entre deux plaques parallèles de charges opposées | | | |
| près d'un pôle d'un aimant | | | |
| entre les deux pôles d'un aimant | | | |
| à l'intérieur d'un solénoïde | | | |

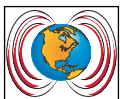
3

Inviter les élèves à faire un test sommatif sur les champs gravitationnels, les champs électriques, les champs magnétiques et l'électromagnétisme. Leur remettre d'abord une description des résultats d'apprentissage qu'ils visent à atteindre.



LISTE DES ANNEXES

| | | |
|-------------|---|------|
| Annexe 1 : | Exercice – Les diagrammes de champ gravitationnel | 4.51 |
| Annexe 2 : | Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience | 4.52 |
| Annexe 3 : | Exercice – Les ascenseurs | 4.53 |
| Annexe 4 : | Les ascenseurs – Corrigé | 4.54 |
| Annexe 5 : | Problèmes sur la chute libre | 4.56 |
| Annexe 6 : | Vitesse terminale – Renseignements pour l'enseignant | 4.57 |
| Annexe 7 : | La force de frottement – Renseignements pour l'enseignant | 4.58 |
| Annexe 8 : | Exercice – Le coefficient de frottement..... | 4.59 |
| Annexe 9 : | Le coefficient de frottement – Corrigé..... | 4.60 |
| Annexe 10 : | Les champs électriques | 4.63 |
| Annexe 11 : | Exercice – Les champs électriques | 4.64 |
| Annexe 12 : | Les champs électriques – Corrigé | 4.65 |
| Annexe 13 : | Le mouvement des charges entre des plaques parallèles | 4.67 |
| Annexe 14 : | Cadre de notes – L'expérience de Millikan..... | 4.68 |
| Annexe 15 : | Cadre de notes – Corrigé | 4.69 |
| Annexe 16 : | Analyse d'article | 4.70 |
| Annexe 17 : | Test – L'expérience de Millikan | 4.75 |
| Annexe 18 : | L'expérience de Millikan – Corrigé | 4.76 |
| Annexe 19 : | Les champs magnétiques – Renseignements pour l'enseignant | 4.77 |
| Annexe 20 : | Réflexion individuelle sur le travail en groupe | 4.80 |
| Annexe 21 : | Exercice – Les champs magnétiques | 4.81 |
| Annexe 22 : | L'histoire de l'électromagnétisme | 4.83 |
| Annexe 23 : | Expérience – Fabrication d'un électroaimant | 4.85 |
| Annexe 24 : | Mot mystère – Champs magnétiques et électromagnétisme | 4.86 |
| Annexe 25 : | Mot mystère – Corrigé | 4.88 |

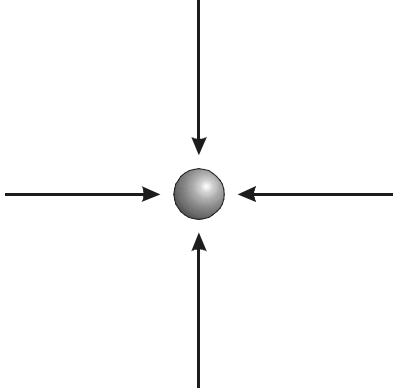
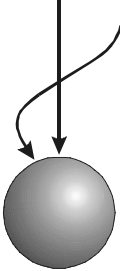
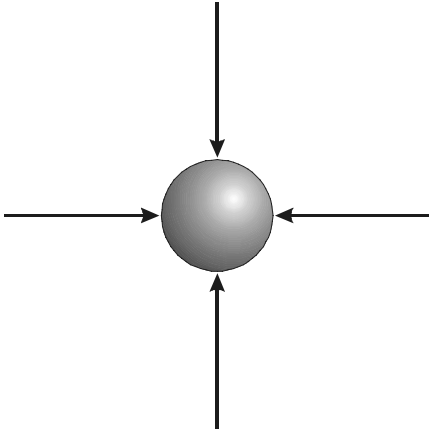
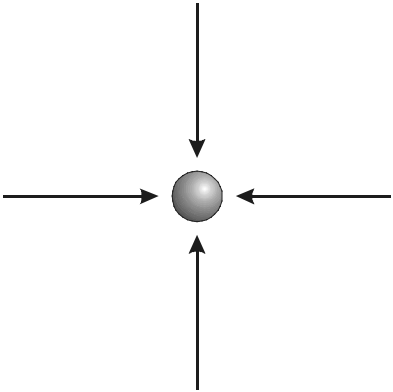
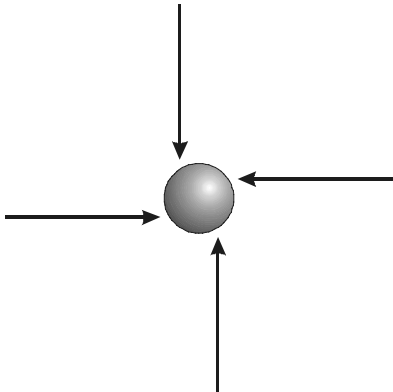
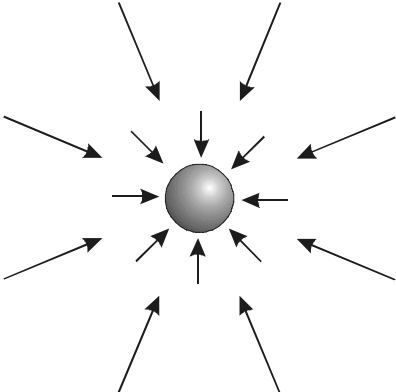


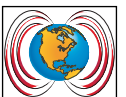
ANNEXE 1 : Exercice – Les diagrammes de champ gravitationnel

Nom : _____

Date : _____

Corrige les diagrammes qui sont mal tracés.

| | |
|--|---|
| <p>1</p>  | <p>2</p>  |
| <p>3</p>  |  |
| <p>4</p>  | <p>5</p>  |



ANNEXE 2 : Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience

Nom : _____

Date : _____

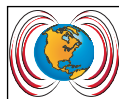
Évaluation du rapport d'expérience

Titre de l'expérience : _____

Membres de l'équipe : _____

| Critères | Points possibles* | Auto-évaluation | Évaluation par l'enseignant |
|---|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| <p><i>Formuler une question</i></p> <ul style="list-style-type: none"> la question mène à l'étude et l'objet est bien ciblé (comporte une relation de cause à effet) | | | |
| <p><i>Émettre une prédiction</i></p> <ul style="list-style-type: none"> les variables dépendante et indépendante sont définies la prédiction comporte une relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante | | | |
| <p><i>Élaborer le plan</i></p> <ul style="list-style-type: none"> le matériel nécessaire est choisi les variables à contrôler sont déterminées les étapes sont énumérées et décrites clairement les mesures de sécurité sont prises en compte l'élimination des déchets est prévue les éléments suivants sont modifiés au besoin et une justification est fournie <ul style="list-style-type: none"> le matériel les variables les mesures de sécurité la démarche | | | |
| <p><i>Réaliser le test, observer et consigner les observations</i></p> <ul style="list-style-type: none"> l'expérience fait l'objet d'essais répétés les données sont consignées en détail et avec les unités appropriées les données sont consignées clairement, de façon structurée et dans un format approprié | | | |
| <p><i>Analyser et interpréter les résultats</i></p> <ul style="list-style-type: none"> les diagrammes sont utilisés au besoin les régularités, les tendances ou les écarts sont précisés les forces et les faiblesses de la méthode et les sources d'erreur possibles sont décrites toute modification au plan initial est décrite et justifiée | | | |
| <p><i>Tirer une conclusion</i></p> <ul style="list-style-type: none"> la relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante est expliquée d'autres explications sont élaborées la prédiction s'est avérée juste ou inexacte | | | |
| Total des points | | | |

* **Remarque** : L'enseignant ou les élèves de la classe attribuent des points selon les mérites particuliers de l'expérience.

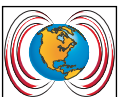


ANNEXE 3 : Exercice – Les ascenseurs

Nom : _____

Date : _____

1. Dans quelles circonstances le poids apparent semble-t-il plus élevé que le poids réel? Moins élevé? Identique au poids réel?
2. On suspend un sac de pommes (masse = 4,2 kg) d'un dynamomètre dans un ascenseur. Détermine la valeur indiquée par le dynamomètre – c'est-à-dire le poids apparent – lorsque l'ascenseur : a) est au repos, b) accélère uniformément vers le haut à $1,5 \text{ m/s}^2$, c) accélère uniformément vers le bas à $1,2 \text{ m/s}^2$. Trace un diagramme de forces pour chaque situation.
3. Un homme se tient debout sur un pèse-personne dans un ascenseur. L'instrument indique que le poids apparent est de 562 N lorsque l'ascenseur accélère uniformément vers le bas à $2,5 \text{ m/s}^2$. Quelle est la masse de l'homme?
4. Un élève curieux prend un dynamomètre avec lui au parc d'attractions. Il suspend une masse de 2,0 kg du dynamomètre et observe les variations à bord d'un manège. Il remarque une valeur minimale de 11,8 N lors d'une chute.
 - a) Quelle est l'accélération maximale du manège?
 - b) Dans quelle situation le dynamomètre indiquerait-il une valeur de 0?



ANNEXE 4 : Les ascenseurs – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 4 : Les ascenseurs – Corrigé (suite)**Note :**

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

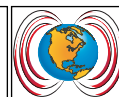
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



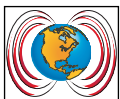
ANNEXE 5 : Problèmes sur la chute libre

Nom : _____

Date : _____

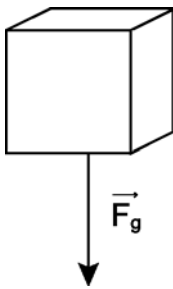
Pour les questions suivantes, on suppose que la résistance de l'air est négligeable et que $\vec{a} = 9,80 \text{ m/s}^2$ [bas]

1. On laisse tomber une roche d'un pont. La roche prend 2,45 s à atteindre l'eau. Calcule son déplacement.
2. Une balle de base-ball est frappée à la verticale. La balle quitte le bâton à 37,8 m/s.
 - a) Combien de temps le receveur a-t-il pour se mettre en position d'attraper la balle à la même hauteur qu'elle est partie?
 - b) Quelle hauteur la balle atteint-elle?
 - c) À quel instant la balle atteint-elle une vitesse vectorielle de 10,0 m/s vers le haut? Quelle est la hauteur de la balle à cet instant?
 - d) À quel instant la balle atteint-elle une vitesse vectorielle de 10,0 m/s vers le bas? Quelle est la hauteur de la balle à cet instant?
 - e) Quelle est la vitesse vectorielle de la balle lorsque le receveur l'attrape?
3. Un astronaute sur la Lune échappe accidentellement une caméra à partir d'une hauteur de 1,60 m.
 - a) Si la caméra prend 1,41 s à atteindre la surface de la Lune, quelle est sa vitesse vectorielle moyenne?
 - b) Quelle est sa vitesse vectorielle lorsqu'elle atteint le sol lunaire?
 - c) Quelle est la valeur de l'accélération gravitationnelle sur la Lune?
 - d) Si la caméra a une masse de 950 g, quel est son poids sur la Lune? Sur la Terre?
4. Une pierre de 75,0 g tombe du haut d'un édifice.
 - a) Calcule la vitesse vectorielle à laquelle la pierre heurte le sol si elle tombe pour 2,60 s.
 - b) Quel est le poids de la pierre?
5. Combien de temps un objet en chute libre met-il à passer de 4,50 m/s à 19,4 m/s?
6. Un hélicoptère laisse tomber de l'équipement dans un champ. L'équipement tombe pendant 18,6 secondes avant de frapper la surface de l'océan.
 - a) De quelle hauteur est-il tombé?
 - b) Quel est sa vitesse vectorielle verticale lorsqu'il frappe le sol?



ANNEXE 6 : Vitesse terminale – Renseignements pour l'enseignant

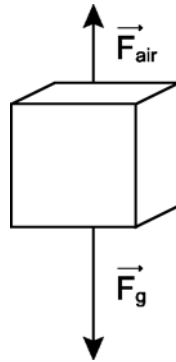
Un objet qui tombe dans un fluide comme l'air ou l'eau n'est pas en chute libre car il y a une force de résistance. Cette force varie en fonction du carré de la vitesse : $\vec{F}_{air} \propto \vec{v}^2$. Les diagrammes ci-dessous présentent les vecteurs de force pour un objet qui tombe :



L'objet commence à tomber. Comme il n'y a aucune résistance de l'air, l'objet est en chute libre.

$$\vec{F}_{nette} = \vec{F}_g$$

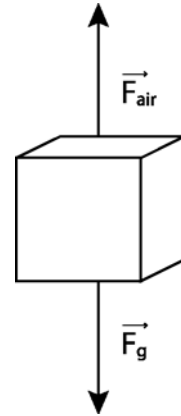
$$\vec{a} = \vec{g}$$



L'objet continue de tomber dans l'air. La vitesse vectorielle augmente tout comme la résistance de l'air.

$$\vec{F}_{nette} = \vec{F}_g + \vec{F}_{air}$$

$$\vec{a} < \vec{g}$$

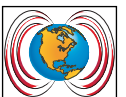


Au fur et à mesure que la vitesse vectorielle augmente, la résistance de l'air augmente jusqu'à ce que $\vec{F}_{air} = -\vec{F}_g$.

$$\vec{F}_{nette} = 0$$

$$\vec{a} = 0$$

$$\vec{v} = \text{constante}$$



ANNEXE 7 : La force de frottement – Renseignements pour l'enseignant

La force de frottement de deux surfaces en contact agit en direction opposée au mouvement relatif entre les surfaces. La direction de la force de frottement n'est pas toujours évidente, surtout lorsqu'il y a plusieurs forces agissant sur un objet. Dans le cas d'un objet au repos, il faut déterminer la direction de la force nette en ignorant le frottement. On peut ensuite déterminer la direction de la force de frottement.

On parle de **frottement statique** lorsqu'il n'y a aucun mouvement relatif entre deux surfaces en contact, et de **frottement cinétique** lorsqu'il y a un mouvement relatif entre elles. Le frottement statique est la force de frottement maximale qui doit être exercée sur un objet pour qu'il se mette en mouvement. Une fois que l'objet est en mouvement, la force nécessaire pour le maintenir en mouvement (frottement cinétique) est moindre que celle qu'il a fallu pour faire passer l'objet du repos au mouvement. Le coefficient de frottement statique (μ_s) a généralement une valeur plus élevée que le coefficient de frottement cinétique (μ_c). Ce phénomène s'explique par le fait que la surface des deux objets est rugueuse au niveau microscopique – même les surfaces apparemment lisses. Ces rugosités s'enfoncent plus les unes dans les autres lorsque les objets sont au repos.

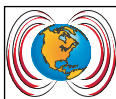
Le coefficient de frottement est le rapport entre la force de frottement et la force normale qui existe entre deux surfaces : $\mu = \frac{F_f}{F_N}$.

Le coefficient de frottement est une description numérique de la nature des surfaces en contact. Un coefficient de frottement de zéro correspond à une surface sans frottement. Un coefficient de frottement à valeur peu élevée indique que les surfaces sont glissantes. Le coefficient de frottement augmente à mesure que la force de frottement entre deux surfaces augmente.

La force de frottement statique peut être calculée à l'aide de la formule $F_{fs} = \mu_s F_N$.

La force de frottement cinétique peut être calculée à l'aide de la formule $F_{fc} = \mu_c F_N$.

La force de frottement dépend de trois facteurs : la force normale, la nature des surfaces en contact et s'il y a un mouvement relatif entre les surfaces de contact. L'aire des surfaces en contact et la vitesse du mouvement n'ont généralement aucun effet sur la force de frottement.

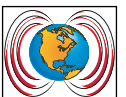


ANNEXE 8 : Exercice – Le coefficient de frottement

Nom : _____

Date : _____

1. Martial conduit une voiture de 1400 kg. Il actionne les freins sur une route dont le coefficient de frottement cinétique est de 1,35. Quelle est la force de frottement entre la voiture et la route?
2. Lucie doit exercer une force horizontale de 45 N pour tirer une boîte de 7,6 kg à une vitesse constante sur une surface horizontale. Quel est le coefficient de frottement cinétique?
3. Vincent exerce une force horizontale sur une caisse de 10,0 kg. Le coefficient de frottement statique entre les deux surfaces est de 0,42. Quelle est la force maximale que Vincent peut exercer avant que la caisse ne se mette en mouvement?
4. Une voiturette a une masse de 2,0 kg. Elle est tirée sur une surface horizontale dont le coefficient de frottement cinétique est de 0,10, avec une force horizontale de 5,0 N. Calcule l'accélération de la voiture.
5. Isabelle traîne une boîte de 19,0 kg sur le sol avec une force de 84 N. Cette force est exercée à un angle de 35° au-dessus de l'horizontale. Le coefficient de frottement cinétique entre les deux surfaces est de 0,35. Calcule l'accélération de la boîte.



ANNEXE 9 : Le coefficient de frottement – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 9 : Le coefficient de frottement – Corrigé (suite)**Note :**

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

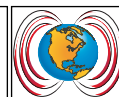
courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 9 : Le coefficient de frottement – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

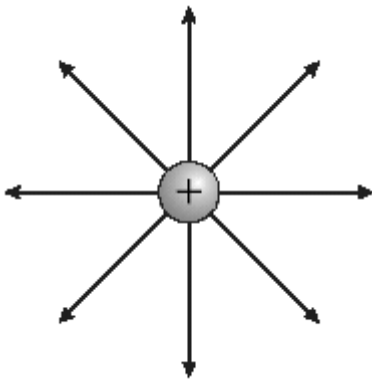
coût : 19,85 \$

ANNEXE 10 : Les champs électriques

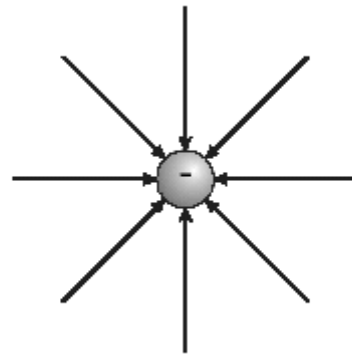
Nom : _____

Date : _____

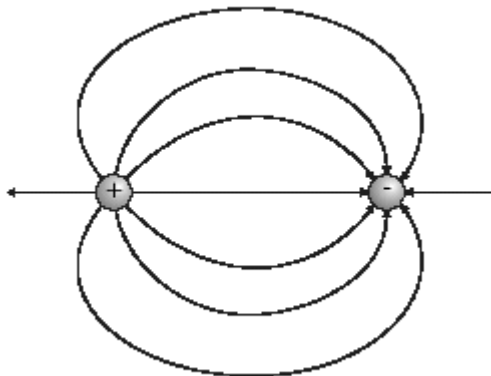
Un champ électrique est la région autour d'un objet chargé où un autre objet chargé subit une force d'attraction ou de répulsion électrique. On représente un champ électrique à l'aide de flèches qui indiquent le trajet qu'une charge d'essai positive suivrait. Le champ est continu, les flèches ne servant qu'à l'illustrer en quelques points. L'intensité du champ électrique est plus élevée dans les régions où les flèches sont plus rapprochées, par exemple à proximité d'une sphère chargée. L'intensité du champ électrique est uniforme si les flèches sont équidistantes, par exemple entre des plaques parallèles portant des charges de signes opposés.



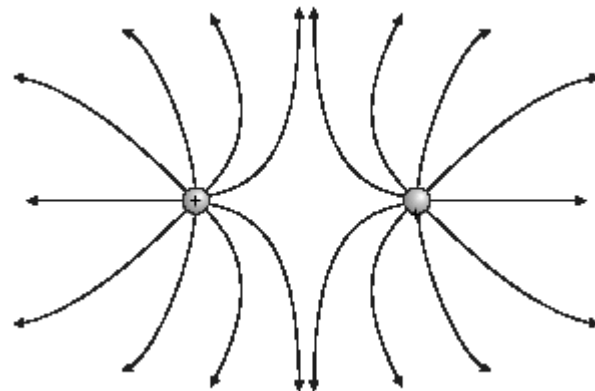
Champ électrique autour d'une sphère chargée positivement.



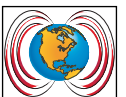
Champ électrique autour d'une sphère chargée négativement.



Champ électrique autour de deux charges de signes opposés.



Champ électrique autour de deux charges de même signe.



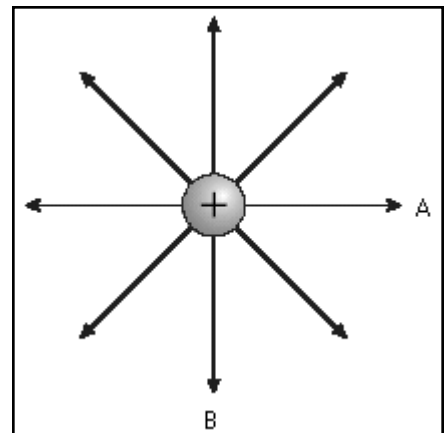
ANNEXE 11 : Exercice – Les champs électriques

Nom : _____

Date : _____

Résous les problèmes ci-dessous à l'aide de la formule $\vec{F}_e = q\vec{E}$. Indique l'orientation, s'il y a lieu, et assure-toi de faire la distinction entre l'orientation du vecteur de champ électrique et du vecteur de force.

1. Une petite sphère portant une charge positive de $2,4 \times 10^{-6}$ C subit une force de 1,8 N [sud] à une certaine distance d'une tige chargée. Quelles sont l'intensité et l'orientation du champ électrique en ce point?
2. Une petite sphère portant une charge négative de 4×10^{-6} C est placée à la même distance de la tige de la question précédente. Quelles sont l'intensité et l'orientation de la force subie par la sphère?
3. Une petite sphère chargée subit une force de 0,64 N [ouest] en un point d'un champ électrique où l'intensité s'élève à $4,8 \times 10^6$ N/C [est].
 - a) Est-ce que la charge est négative ou positive? Explique ta réponse.
 - b) Quelle est la charge en coulombs? En microcoulombs?
4. L'intensité du champ électrique s'élève à $2,1 \times 10^7$ N/C aux points A et B du diagramme ci-contre. Quelles sont la grandeur et l'orientation de la force subie par un ion de magnésium ($q = 3,2 \times 10^{-19}$ C) se trouvant à chaque point?
Un ion de phosphore ($q = -4,8 \times 10^{-19}$ C)?



ANNEXE 12 : Les champs électriques – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 12 : Les champs électriques – Corrigé (suite)

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

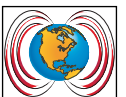
ANNEXE 13 : Le mouvement des charges entre des plaques parallèles

Nom : _____

Date : _____

Pour les questions suivantes, $\vec{g} = 9,80 \text{ N/kg}$

- Une petite sphère de $4,35 \times 10^{-15} \text{ kg}$ entre deux plaques parallèles subit une force électrique de $3,70 \times 10^{-14} \text{ N}$ vers le haut.
 - Quelle est la force gravitationnelle qui agit sur la sphère?
 - Quelle est la force nette qui agit sur la sphère?
 - Calcule l'accélération de la sphère.
- Une goutte d'huile de $5,73 \times 10^{-15} \text{ kg}$ accélère à $0,572 \text{ m/s}^2$ vers le haut entre deux plaques parallèles.
 - Quelle est la force nette qui agit sur la goutte?
 - Quelle est la valeur de la force gravitationnelle qui agit sur la goutte?
 - Quelle est la force électrique qui agit sur la goutte?
- Une charge de $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ entre deux plaques parallèles est libérée de la plaque du haut et atteint la plaque du bas en $2,60 \times 10^{-8} \text{ s}$. Le champ électrique entre les plaques est de $3,60 \times 10^6 \text{ N/C}$ vers le haut.
 - Quelle est la force électrique qui agit sur la charge?
 - Si la masse de la charge est de $6,20 \times 10^{-14} \text{ kg}$, quelle est la force gravitationnelle qui agit sur elle?
 - Quelle sera sa vitesse vectorielle lorsqu'elle atteindra la plaque du bas si sa vitesse vectorielle initiale est nulle?
 - Quelle est la distance entre les deux plaques?
- L'intensité du champ électrique entre deux plaques parallèles s'élève à 1420 N/C vers le haut. On place une petite sphère de plastique chargée positivement près de la plaque inférieure de sorte que sa vitesse vectorielle initiale soit nul. La sphère a une masse de $3,30 \times 10^{-5} \text{ kg}$ et porte une charge de $3,00 \times 10^{-7} \text{ C}$. Quel est sa vitesse vectorielle 0,120 secondes plus tard?
- Deux plaques parallèles sont séparées de 2,5 cm. La plaque positive se trouve en haut et la plaque négative se trouve en bas. On place une particule de charge $+ 1,0 \mu\text{C}$ tout près de la plaque positive. Sa masse est de $7,2 \times 10^{-4} \text{ kg}$. Elle est initialement au repos. Si l'intensité du champ électrique s'élève à 2420 N/C , en combien de temps atteint-elle la plaque négative?



ANNEXE 14 : Cadre de notes – L'expérience de Millikan

Nom : _____

Date : _____

Au tournant du ____ siècle, Millikan (chercheur _____, 1868-1953) entreprend une expérience afin de déterminer s'il existe une _____. Dans son expérience, il prouve qu'il existe bien une charge élémentaire, et que sa valeur est de _____ – c'est la charge d'un _____ ou d'un _____. Tous les objets chargés portent un multiple de cette charge. Il gagne le _____ de physique en 1923.

Il utilise un _____ pour produire un nuage de fines gouttelettes d'huile. Ces gouttelettes portent une charge _____. Il choisit l'huile au lieu de l'eau car _____.

Il vaporise l'huile entre deux _____ chargées où il y a un champ électrique _____ dont il peut varier l'intensité. Il étudie les gouttelettes au télescope et règle l'intensité du champ électrique (E) de sorte que la gouttelette reste _____ : La grandeur de la force _____ vers le bas est égale à la grandeur de la force _____ vers le haut. La série de formules ci-dessous illustre comment calculer Q à partir de m , g , et E .

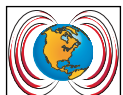
① _____

② _____

③ _____

Pour calculer m , il détermine la _____ de la gouttelette en chute libre. Utilisant _____, il peut calculer la masse à partir de la vitesse. (Cette loi est basée sur la mécanique des fluides et fait intervenir la _____ de l'huile.)

Il trouve que chaque gouttelette porte une charge qui est un _____ de $1,6 \times 10^{-19}$ C. Il déduit que la charge élémentaire est de cette valeur.



ANNEXE 15 : Cadre de notes – Corrigé**Note :**

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



ANNEXE 16 : Analyse d'article

Nom : _____

Date : _____

FLIRTER AVEC LA FRAUDE

Millikan, Mendel : l'intégrité remise en question?

Ces dernières années, le public a été témoin d'un flot d'accusations de fraude scientifique : l'affaire David Baltimore/Imanishi-Kari, la fusion froide (Pons et Fleischmann) et les allégations relatives aux requêtes de priorité de Gallo concernant la découverte du virus du sida. Étant donné l'absence d'un cadre de surveillance pour le système de compte rendu utilisé dans le projet du génome humain, ne doit-on pas s'attendre à de nouvelles accusations d'abus? Conformément aux directives établies par la NSF, de nombreuses universités ont mis en place des comités sur « l'intégrité scientifique » et la NSF a chargé des équipes d'enquêteurs d'effectuer des vérifications ponctuelles dans certains des établissements de recherche les plus actifs bénéficiant de fonds fédéraux.

La portée des cas de fraude sur le plan historique a été étudiée (quoique de façon incomplète) par les journalistes William Broad et Nicholas Wade dans leur ouvrage de 1982 intitulé *Betrayers of the Truth* (dont l'annexe résume 34 cas). Toutefois, un examen minutieux de ces affaires peut également mener à des questions déroutantes sur la notion de « validité » scientifique. Prenons par exemple le cas classique de Gregor Mendel, dont les données publiées sur l'hérédité des pois étaient selon le statisticien Fisher « trop belles pour être vraies ». Les résultats de Mendel étaient hautement improbables. Certains l'ont cependant défendu en signalant qu'il s'était conformé aux pratiques de l'époque : répéter des expériences, affiner sa propre technique et n'utiliser ensuite que les meilleurs résultats du fait qu'ils sont les plus représentatifs. Si cette démarche n'est plus légitime de nos jours, à quoi cela est-il dû? Qu'est-ce que cela révèle sur notre façon d'évaluer les preuves? Il convient de remarquer à l'intention des élèves que les normes mêmes ont en fait changé. Pourquoi ce changement?

Une question mérite d'être posée et débattue par les élèves (ici et ci-après) :

- Si un scientifique obtient la « bonne » réponse, faut-il s'inquiéter du fait que les données aient été « arrangées », « manipulées », faussées ou même complètement inventées?

Le cas de Robert Millikan, dont la fameuse expérience des gouttes d'huile lui a permis d'établir la valeur de la charge élémentaire de l'électron e et lui a valu le Prix Nobel en 1923, est bien plus controversé.

Millikan gardait bien sûr dans des cahiers des notes détaillées sur ses expériences, les données obtenues et l'évaluation des résultats. Il y a plusieurs années, une tentative visant à reproduire la démarche expérimentale « exemplaire » de Millikan a révélé de sérieux écarts entre le contenu de ses notes et les données « brutes » publiées (Holton, 1978). Les nombreuses notes qui parsèment les pages des cahiers renforcent les doutes quant à l'intégrité de Millikan :

C'est presque parfait, le meilleur résultat jamais obtenu!!! [20 décembre 1911]

Parfait [3 février 1912]

Excellent, à publier [24 février 1912]

Excellent!! À publier, pour sûr!! [15 mars 1912, n° 1]

Taux d'erreur élevé – ne pas utiliser [15 mars 1912, n° 2]

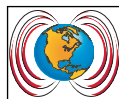
Parfait, à publier [11 avril 1912]

Ne fonctionnera pas [16 avril 1912, n° 2]

Trop élevé de 1½ % [16 avril 1912, n° 3]

Faible de 1 %

e trop élevée de 1¼ %



ANNEXE 16 : Analyse d'article (suite)

Millikan calculait apparemment au fur et à mesure les valeurs de e pour chaque série d'observations et les comparait ensuite avec la valeur escomptée. Il semblait en fait utiliser le degré de concordance avec la théorie qu'il tentait de prouver comme critère pour inclure ou omettre les résultats obtenus! Comme l'a souligné Franklin (1986), « cela nous donne le sentiment troublant que Millikan analysait de façon sélective ses données de manière à étayer ses opinions préconçues » (p. 141; se faisant l'écho de Holton, 1978). Devons-nous conclure que l'analyse de Millikan, imprégnée de partialité théorique et traitant les données expérimentales avec tant de désinvolture, exemplifie la nature du « génie » scientifique?

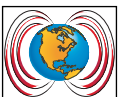
Ces carnets révèlent en fait qu'une quantité considérable de données ont été omises dans les rapports publiés de Millikan. Sur les 175 gouttes recensées dans les cahiers, seulement 58 (soit un tiers à peine) sont prises en compte dans le compte rendu final. Millikan n'hésitait pourtant pas à souligner dans son rapport de 1913 qu'« il convient aussi de remarquer qu'il ne s'agit pas d'un groupe de gouttes choisies, mais bien de toutes les gouttes expérimentées dans une période de 60 jours consécutifs pendant laquelle l'appareil a été démonté et réinstallé plusieurs fois ». Dans son ouvrage de 1917, *The Electron*, il fait la même observation et ajoute : « ces gouttes sont toutes celles étudiées pendant 60 jours consécutifs; pas une seule goutte n'a été omise ».

Il semblerait à première vue que cette atteinte scandaleuse à l'intégrité scientifique jette le discrédit sur les conclusions de Millikan. Même si l'on suppose que les normes de présentation des données en vigueur au début du XX^e siècle étaient moins rigoureuses, Millikan fait à l'évidence une déclaration inexacte quant à la portée des données. Les élèves doivent toutefois savoir qu'il faut éviter de conclure que son usage sélectif des données n'avait pas de fondement scientifique valable. En fait, une analyse plus complète des cahiers de Millikan et de la nature du travail expérimental qu'ils décrivent grossièrement révèle plus clairement les raisons pour lesquelles Millikan a tenu compte de certaines gouttes et en a écarté d'autres.

Le physicien et philosophe Allan Franklin a abordé la question en utilisant les données initiales de Millikan pour calculer la valeur de e . Même si l'on utilise des constellations différentes de données brutes, les résultats demeurent sensiblement les mêmes que ceux obtenus par Millikan. Autrement dit, le fait que ce dernier se soit limité à un sous-ensemble de ses observations ne nuit pas à l'exactitude de ses conclusions. La sélectivité de Millikan donne tout au plus une impression erronée de la variation des valeurs ou de la gamme d'erreur applicable aux données et, en conséquence, de la précision statistique de la valeur calculée.

Franklin signale que Millikan avait en fait écarté à la fois des données « favorables » et « défavorables » par rapport à ses attentes. Ses résultats étaient à l'évidence surdéterminés. Autrement dit, il avait plus de données qu'il n'en avait besoin pour s'assurer de la fiabilité de la valeur de la charge de l'électron. Dans ce cas, la redondance des données était une méthode implicite permettant de minimiser le risque d'erreurs. Une démarche apparemment frauduleuse peut donc s'avérer être un exemple de bonne technique du point de vue expérimental.

On peut également étudier plus en détail le moment auquel les observations omises par Millikan ont été faites. Par exemple, les 68 premières observations ont toutes été écartées. Pourquoi? À partir du 13 février 1912 (date de la collecte des premières données publiées), on peut également remarquer que le nombre de résultats exclus diminue à mesure que la série d'expériences continue. Apparemment, Millikan est peu à peu devenu plus habile à produire des données stables et reproductibles. On peut imaginer que, avant le 13 février, il tentait toujours de résoudre les « problèmes » liés à l'appareil et de déterminer la marche à suivre pour obtenir des résultats fiables. À ce stade, les essais portaient sur l'équipement et non sur une théorie relative à l'électron ou à sa charge. Dans ce contexte, les cahiers nous aident à nous concentrer sur l'appareil et sur les conditions nécessaires à la production des données et non sur l'utilisation de celles-ci.



ANNEXE 16 : Analyse d'article (suite)

Les commentaires inscrits par Millikan dans ses cahiers mettent en évidence l'importance du jugement expérimental, en particulier pour ce qui a trait à l'omission de certaines observations. Par exemple, la mention « Excellent, à publier » du 10 avril 1912 a été barrée et remplacée par « mouvement brownien »; compte tenu du mouvement de la goutte, les mesures ne correspondaient pas dans ce cas aux valeurs dont Millikan avait besoin pour ses calculs – celles, bien sûr, que Millikan espérait précisément atteindre en mettant au point son appareil. Le jugement de Millikan concernant d'autres aspects du montage expérimental est mis en évidence par d'autres remarques :

Ce travail sur une goutte très lente a été réalisé pour observer s'il y avait des courants de convection notables. Les résultats semblent indiquer que oui. Dois maintenant étudier plus attentivement la temp[érature] de la pièce. [19 décembre 1911]

Aujourd'hui, les conditions étaient particulièrement bonnes et les résultats devraient être plus fiables que la normale. Nous avons maintenu la temp. très constante au moyen d'un ventilateur, une précaution que nous n'avions jusqu'ici pas prise dans la salle 12, mais que nous avons jugée essentielle hier. [20 décembre 1911]

Possibilité d'une goutte double [26 janvier 1912]

Cela semble montrer clairement que le champ [électrique] n'est pas exactement uniforme : il est plus intense aux bouts qu'au milieu. [27 janvier 1912]

C'est bon pour un exemple si petit, mais je dois éviter la convection en cas de taille si réduite, toujours préférable. [9 février 1912]

Cette goutte tremblote comme si elle était asymétrique. [2 mars 1912]

OK, mais les volts sont un peu incertains et la temp. est mauvaise. Elle est proche de la ligne inférieure. [7 mars 1912, n° 1]

Millikan s'inquiétait donc de plusieurs paramètres essentiels à l'obtention de résultats « favorables » ou « nets », conformément à l'intention de l'expérience : la taille et la symétrie de la goutte; les courants de convection (température de la pièce); la régularité du mouvement de la goutte; (partout ailleurs) la poussière, la pression et la régularité de la tension (Franklin, p. 149-50).

Même lorsqu'il ne pouvait isoler le problème, il pressentait que « quelque chose se passait... » [13 février 1912]. Millikan se fiait à son jugement et, dans certains cas, ne calculait même pas e et excluait les observations avant même d'en constater les « résultats ». Dans d'autres cas, il reconnaissait l'« excellence » de l'essai :

Excellent. Temp. et conditions parfaites, pas de convection. À publier [8 avril 1912]

Les décisions de Millikan de publier des données ou pas étaient fondées sur leur « excellence » (voir ci-avant) et reflétaient donc probablement son évaluation des conditions particulières de l'expérience. Le commentaire frappant datant du 27 février 1912, « Excellent, un des meilleurs » pourrait donc faire référence à la qualité de sa propre technique et non à la valeur de e .

Millikan excluait d'autres essais en fonction des méthodes de calcul. Par exemple, la formule utilisait une valeur substituée en fonction de certaines hypothèses théoriques établies dans la loi de Stokes (pression connexe, viscosité de l'air et rayon de la goutte). Même s'il tolérait les « corrections » du premier ordre pour les valeurs, il a tout simplement omis les observations dans douze cas où des données inhabituelles l'avaient forcé à effectuer des corrections moins certaines du second ordre. Entre autres mots, certaines données n'étaient pas « conviviales », c.-à-d. adaptées au cadre lui permettant de tirer des conclusions légitimes.

ANNEXE 16 : Analyse d'article (suite)

Millikan a également pu tirer parti du fait que la valeur de e pouvait être calculée de deux façons s'appuyant chacune sur des mesures légèrement différentes du même essai. Il vérifiait le calcul en comparant les résultats obtenus par ces deux méthodes. Dans certains cas, il a fait les annotations suivantes :

Concordance insuffisante. Ne fonctionnera pas. [17 février 1912, n° 3]

Taux d'erreur élevé, ne pas utiliser. . . . Peux arranger cela et probablement OK, mais le point n'est pas important. Arrangerai si j'ai le temps 22 août [15 mars 1912, n° 2]

Là encore, lorsqu'il constatait des écarts, il avait intérêt à écarter tout doute possible en omettant tout simplement les observations « inutilisables ». Vers la fin de la période expérimentale, on peut sentir que Millikan, qui disposait de plus de données qu'il n'en avait besoin, poursuivait ses travaux dans le seul but de s'assurer de la fiabilité de ses résultats. Trois jours avant de cesser ses observations, il se montre satisfait : « Le meilleur jusqu'ici, quel que soit l'usage » [13 avril 1912]. Deux jours plus tard, la veille de la fin des travaux, il écrit :

Excellent pour montrer la concordance des deux méthodes utilisées pour obtenir $v_1 + v_2$. À publier sans aucun doute. [15 avril 1912]

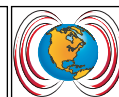
C'est la recherche de la constance interne plutôt que la concordance entre la théorie et les données qui guide à l'évidence le travail de Millikan.

Même les valeurs finales des calculs pouvaient en soi être des pistes ou des signes que quelque chose « clochait ». Une valeur de e erratique, c.-à-d. se démarquant clairement des valeurs typiques ou « raisonnables » ou de toute autre observation réalisée jusqu'alors, poussait Millikan à décider que " cela n'a pas pu être une goutte d'huile " [20 décembre 1911 no 3] et à conclure qu'il s'agissait apparemment d'une particule de poussière. Millikan a omis deux autres gouttes importantes ayant donné des valeurs anormales de e , alors même que l'une d'elles, selon le jugement même du chercheur, était un modèle de cohérence. Après s'être d'abord montré très confiant :

À publier. Permet de montrer les méthodes utilisées pour obtenir v [16 avril 1912, no 2]

Il a ensuite marqué dans le coin de la page (sans autre indication) « ne fonctionnera pas ». Rétrospectivement, l'intuition de Millikan semble l'avoir bien aidé : nous savons à partir des données figurant dans le cahier de Millikan que ces deux gouttes avaient des charges totales élevées et que ce genre de gouttes (comme nous l'avons appris plus tard) ne sont pas fiables dans le cadre de la méthode utilisée par Millikan. Ici encore, le raisonnement de Millikan s'appliquait au degré de confiance à accorder à l'appareil et à ses mesures expérimentales et non (du moins pas à ce stade) à l'exactitude de la théorie ou de la valeur même de e .

Du fait de la réalisation en classe de l'expérience des gouttes d'huile de Millikan, les élèves pourraient facilement penser qu'il s'agit d'un travail plutôt insignifiant – après tout, de simples novices peuvent reproduire les travaux d'un lauréat du Prix Nobel! La standardisation actuelle de l'expérience cache toutefois la complexité du contexte dans lequel elle a été mise au point. Théoriquement, la tâche était au début du XX^e siècle relativement claire. En fait, la démarche expérimentale suivie par Millikan de 1910 à 1912 – à savoir observer des gouttes de liquide, chacun ayant une charge électrique, se déplacer dans un champ électrique –, avait été appliquée par de nombreux chercheurs avant lui. À l'époque, les principales difficultés résidaient en l'établissement de la situation idéale prévue de façon théorique. La démarche de Millikan, qui s'est finalement avérée efficace, différait des autres par l'observation de gouttes uniques et par le remplacement de l'eau par l'huile, qui ne s'évaporait pas si facilement et qui permettait donc des observations plus prolongées. La réussite qui a valu le Prix Nobel à Millikan était donc essentiellement de nature technique.



ANNEXE 16 : Analyse d'article (suite)

L'analyse des cahiers de Millikan met donc en évidence une zone mal définie entre la présentation trompeuse de données et un « micro-raisonnement » expérimental habile. L'usage sélectif des données par Millikan constituait-il une pratique scientifique « valide »? On pourrait comparer Millikan (et son succès dans ce cas) à son adversaire, Felix Ehrenhaft, qui s'interdisait obstinément toute omission de résultats d'essai. La démarche expérimentale d'Ehrenhaft reflétait-elle une prudence justifiée ou une rigidité excessive? De même, Millikan était-il impardonnablement malhonnête ou légitimement pragmatique?

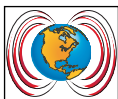
La question consistant à savoir si la sélection de données est une pratique scientifique valide est à l'évidence d'autant plus litigieuse que, dans certains cas, cette méthode n'a pas donné de conclusions fiables. Stephen Jay Gould (1981, p. 56-60) fait remarquer que, dans une étude sur la capacité crânienne relative des races caucasioïde et « indienne », un chercheur du XIX^e siècle avait exclu un grand nombre de crânes hindous. Son raisonnement? Les cavités cérébrales hindoues étaient trop petites et, du fait qu'elles étaient « clairement » peu représentatives de la population caucasioïde visée, elles auraient « faussé » les résultats. Dans ce cas, l'effet de la sélection n'était probablement même pas conscient. De même, lors de l'évaluation de crânes de femmes, des anthropologues se fondaient à cette époque sur leur « intuition » pour écarter les genres de mesures suggérant que les femmes (ou les éléphants, les baleines, etc.) étaient plus intelligentes que les hommes. Mais alors, comment déterminer dans quels cas la sélection est légitime et quand elle ne l'est pas?

Les cas de Millikan et de Mendel montrent que, pour répondre à cette question, nous devons nous concentrer sur le jugement et les aptitudes expérimentales (ainsi que sur les appareils) autant que sur les concepts mêmes. Outre cet « enseignement », il convient de remarquer que le problème qui a déclenché l'enquête pourrait être la possibilité que la fraude soit l'outil même du génie.

Autres lectures

- Fisher, R.A. 1936. « Has Mendel's Work Been Rediscovered? » *Annals of Science* 1:115-137. Réédité dans l'ouvrage de C. Stern et E. Sherwood (éd.), *The Origins of Genetics: A Mendel Source Book* (W.H. Freeman, 1966).
- Franklin, Allen. 1981. « Millikan's Published and Unpublished Data on Oil Drops. » *Hist. Studies in the Phys. Sciences* 11:185-201. Également abordé au chapitre 5 de *The Neglect of Experiment* (Cambridge Univ. Press, 1986).
- Gould, Stephen Jay. 1981. *The Mismeasure of Man*. W.W. Norton.
- Holton, Gerald. 1978. « Subelectrons, presuppositions and the Millikan-Ehrenhaft Dispute. » *Hist. Studies in the Phys. Sciences* 9:166-224. Réédité (p. 25-83) dans *The Scientific Imagination* (Cambridge Univ. Press, 1978).

Traduction de l'article Flirting with Fraud : Millikan, Mendel and the Fringes of Integrity, par Douglas Allchin © 1992. Reproduit avec la permission de ships.umn.edu.



ANNEXE 17 : L'expérience de Millikan – Test

Nom : _____

Date : _____

1. Dans son expérience, Millikan cherchait à prouver l'existence d'une _____.
2. Il a vaporisé un nuage de fines gouttelettes d'huile entre deux plaques parallèles.
 - a) Pourquoi a-t-il choisi d'utiliser l'huile au lieu de l'eau? Indique deux raisons.
 - b) Pourquoi a-t-il choisi d'utiliser des plaques parallèles?
3. Il a observé les gouttelettes au télescope et a réglé l'intensité du champ électrique de sorte qu'une gouttelette restât au repos. Quelles deux forces étaient équilibrées?
4. Les gouttelettes étaient bien trop légères pour que l'on puisse en déterminer la masse directement.
 - a) Quelle loi lui a permis de calculer la masse?
 - b) À partir de quelles informations a-t-il calculé la masse? (Indiquer le nom de deux variables.)
5. Il a observé que la charge de chaque gouttelette était un _____ de _____ C.
6. En répétant l'expérience de Millikan, une scientifique trouve qu'une gouttelette de masse $5,0 \times 10^{-15}$ kg reste suspendue dans un champ électrique de $6,1 \times 10^4$ N/C. Quelle charge, en coulombs, cette gouttelette porte-t-elle? Combien de charges élémentaires cette gouttelette porte-t-elle? Indique les formules employées ainsi que les unités de mesure.



ANNEXE 18 : L'expérience de Millikan – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

ANNEXE 19 : Les champs magnétiques – Renseignements pour l'enseignant

Nom : _____

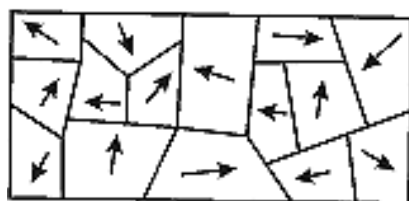
Date : _____

Le magnétisme, comme la gravité et l'électricité, constitue une force à distance, c'est-à-dire qu'aucun contact apparent n'est exigé pour que la force s'exerce. Ce phénomène a longtemps fasciné les humains. Les **Grecs** semblent être les premiers à l'avoir constaté. Vers le II^e siècle avant Jésus-Christ, ils découvrent un minerai de fer ayant la propriété d'attirer le fer et qui, s'il est suspendu, s'oriente en direction nord-sud. Ils nomment le minerai « **magnétite** », du nom de la région où ils l'ont découvert, la Magnésie.

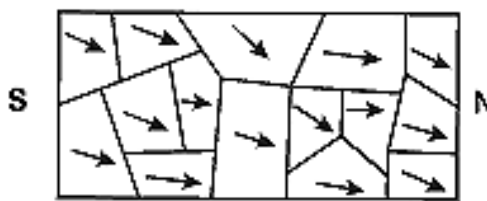
Vers le I^{er} siècle après Jésus-Christ, les **Chinois** exploitent également le magnétisme. Une légende ancienne veut que Hoang-Ti, fondateur de l'empire chinois, ait conçu une boussole dont l'aiguille était mue par une force invisible. Graduellement, cet instrument révolutionne la navigation marine. Ce n'est que vers le X^e siècle après Jésus-Christ que les Européens commenceront à utiliser des boussoles pour naviguer. On ignore si cette innovation leur est parvenue des Chinois. Au XVI^e siècle, William Gilbert, scientifique et médecin à la cour de la reine Élisabeth 1^{re}, mène les premières expériences contrôlées. Il découvre plusieurs façons d'induire le magnétisme, par exemple si l'on frotte une tige d'acier contre un aimant, la tige devient elle-même un aimant. Il observe aussi que les propriétés magnétiques d'un objet disparaissent s'il est chauffé.

Charles de Coulomb (physicien français, 1736-1806) a formulé la **théorie des domaines** selon laquelle un aimant se compose d'un grand nombre de petits aimants. Une preuve convaincante en faveur de cette théorie est le fait que de petites régions distinctes sont observables au microscope sur la surface du fer. Ces régions, appelées « **domaines** », consistent en un groupement d'atomes mesurant entre 10^{-6} et 10^{-3} m et manifestant un caractère magnétique-autrement dit, les domaines, comme tout aimant, possèdent un pôle nord et un pôle sud.

Les domaines d'un objet magnétisé sont tous alignés dans le même sens (voir la figure ci-dessous). Certains objets non magnétisés, comme un clou de fer ou certaines pièces de monnaie, sont pourtant attirés aux aimants. De tels objets, appelés **substances ferromagnétiques**, possèdent des domaines qui sont orientés de façon aléatoire mais qui s'alignent rapidement en présence d'un champ magnétique extérieur. Les substances ferromagnétiques sont généralement composées de **fer**, de **nickel**, de **cobalt** ou d'un alliage tel que l'**acier**, qui contient de ces éléments. La magnétite découverte par les Grecs est un constituant ferromagnétique de la croûte terrestre.

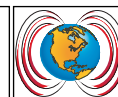


Les domaines sont orientés de façon aléatoire.



Les domaines sont alignés.

La figure ci-contre illustre un objet ferromagnétique d'abord non magnétisé et ensuite magnétisé.



ANNEXE 19 : Les champs magnétiques – Renseignements pour l'enseignant (suite)

La théorie des domaines permet d'expliquer bon nombre de phénomènes intéressants, dont certains observés par William Gilbert au XVI^e siècle :

1. Pourquoi un clou de fer se magnétise-t-il à proximité d'un aimant permanent?

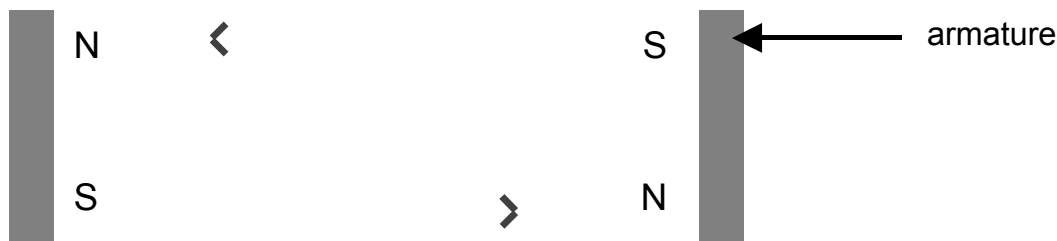
Un clou de fer devient magnétisé quand on l'approche d'un aimant permanent parce que les domaines du clou s'alignent avec les lignes du champ magnétique de l'aimant. Ce phénomène s'appelle l'**induction magnétique**. Ce n'est que temporaire, car si l'on enlève le champ magnétique extérieur, les domaines s'orienteront aléatoirement de nouveau.

2. Pourquoi un aimant perd-il parfois son caractère magnétique?

Un aimant perd parfois son caractère magnétique parce que ses domaines perdent leur alignement, devenant aléatoires. Cette réorientation arrive quand on fournit de l'énergie aux domaines en chauffant l'aimant, en le laissant tomber ou en le martelant.

3. Pourquoi les pôles d'un aimant s'inversent-ils parfois?

Les pôles d'un aimant peuvent s'inverser si l'on place l'aimant dans le champ magnétique d'un aimant puissant de polarité opposée. Les domaines de l'aimant s'alignent graduellement avec les lignes du champ magnétique plus puissant. C'est pourquoi il faut entreposer les aimants avec soin-on place des **armatures** (de petites barres de fer) aux extrémités des aimants pour créer un champ magnétique circulaire continu. L'effet de champs magnétiques extérieurs est ainsi minimisé.

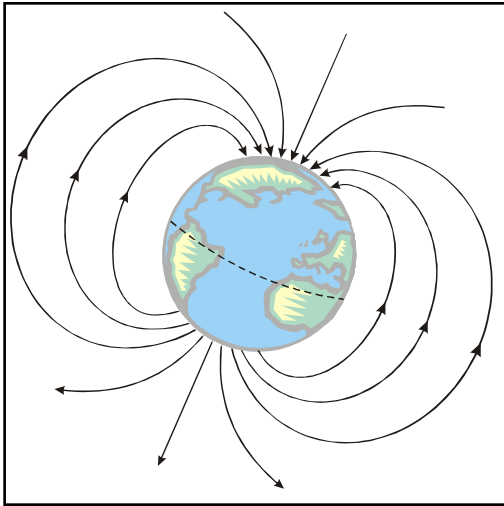


4. Qu'arrive-t-il quand on coupe un aimant en deux?

Quand on coupe un aimant en deux, on produit deux nouveaux aimants. Ce phénomène résulte du fait que les domaines d'un aimant sont alignés. Même si l'aimant est coupé, les domaines de chaque morceau demeurent alignés.

ANNEXE 19 : Les champs magnétiques – Renseignements pour l'enseignant (suite)

Le champ magnétique terrestre



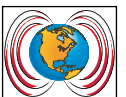
Si les Chinois et les Européens se servaient de boussoles pour la navigation, ils n'avaient aucune explication scientifique de leur fonctionnement. Certains croyaient que l'aiguille était attirée par une étoile dans la constellation de la Grande Ourse ou par une chaîne de montagnes du Nord, riche en fer.

Il a fallu attendre les travaux de William Gilbert pour une explication plus crédible. Dans son livre intitulé « **De Magnete** », recueil des connaissances existantes au sujet du magnétisme et les résultats des expériences de l'auteur, Gilbert explique que la Terre est un aimant géant et que l'aiguille d'une boussole pointe vers le nord à cause du champ magnétique de la Terre. De par ce fait, le pôle magnétique se trouvant dans l'Arctique canadien est un pôle sud alors que le pôle magnétique se trouvant dans l'Antarctique est un pôle nord.

D'autre part, les pôles magnétiques de la Terre ne coïncident pas avec les pôles géographiques. C'est pourquoi une boussole n'indique pas le nord véritable. Les navigateurs sont bien au courant de ce fait et emploient un facteur de correction, appelé **angle de déclinaison**, correspondant à l'angle entre le pôle magnétique et le pôle géographique. L'angle de déclinaison varie d'un endroit à l'autre sur la surface du globe. Par exemple, il est de 20° E à Victoria et de 23° O à St. John's (Terre-Neuve).

Bien que notre compréhension de l'origine du champ magnétique terrestre soit incomplète, nous croyons qu'il résulte de la masse de fer tourbillonnant au centre du globe. Des variations dans le sens de déplacement du fer provoquent des changements dans la position des pôles magnétiques. En d'autres mots, la position des pôles n'est pas statique. Elle varie dans le temps; à une époque, les pôles étaient même renversés. Heureusement pour les navigateurs, la variation est très graduelle et s'étend sur des temps géologiques ($\approx 250\ 000$ ans). Présentement, un des pôles magnétiques se trouve dans l'Arctique canadien et l'autre, dans l'océan près de l'Antarctique.

On a tendance à oublier que le champ magnétique existe en trois dimensions, avec une composante horizontale et une composante verticale. On appelle l'angle que font les lignes du champ magnétique par rapport à l'horizontale l'**angle d'inclinaison**. On croit que certains animaux tels que les tortues et les oiseaux sont sensibles aux angles de déclinaison et d'inclinaison et que cette sensibilité les aide à s'orienter dans leurs migrations.



ANNEXE 20 : Réflexion individuelle sur le travail en groupe

Nom : _____

Date : _____

Réfléchis au travail que toi et ton groupe avez fait ensemble et évalue-le. Après ta réflexion, discutes de tes réponses avec les membres de ton groupe.

Légende : 1 - peu satisfait(e) 3 - satisfait(e) 5 - très satisfait(e)

| | |
|---|---|
| <p>J'ai bien participé.</p> <p>1 2 3 4 5</p> | <p>Le groupe s'est bien concentré sur la tâche.</p> <p>1 2 3 4 5</p> |
| <p>Je me suis consciemment efforcé(e) de collaborer.</p> <p>1 2 3 4 5</p> | <p>Le groupe a bien collaboré.</p> <p>1 2 3 4 5</p> |
| <p>J'ai écouté les autres et j'ai bien accueilli leurs contributions.</p> <p>1 2 3 4 5</p> | <p>Tout le monde a contribué.</p> <p>1 2 3 4 5</p> |
| <p>La prochaine fois, je pourrais...</p> | <p>La prochaine fois, le groupe pourrait...</p> |

ANNEXE 21 : Exercice – Les champs magnétiques

Nom : _____

Date : _____

- Tu as en ta possession un aimant droit et un morceau de fer non magnétisé. Ces deux objets ont l'air identique. Comment pourrais-tu déterminer quel objet est magnétisé :
 - si tu disposes d'un troisième objet;
 - si tu ne disposes que des deux objets.
- Comment peut-on transformer un morceau de fer en aimant permanent? Décris le processus, ainsi que les transformations à l'intérieur de l'aimant.
- Explique ce qu'est un domaine.
- Qu'arrive-t-il si on coupe un aimant droit en trois morceaux de longueur égale?
- Dans les diagrammes qui suivent, chaque cercle représente une boussole. Montre la direction de l'aiguille dans chaque boussole.
- Explique ce qu'est l'angle de déclinaison. Pourquoi cela est-il important lorsqu'on utilise une boussole?

a)

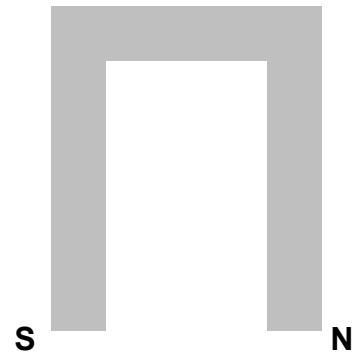
N

S

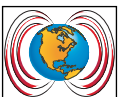
b)



c)



- Dessine le champ magnétique :
 - autour d'un aimant droit;
 - autour des pôles d'un aimant en fer à cheval;
 - entre deux pôles nord;
 - autour de la Terre.

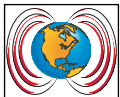


ANNEXE 21 : Exercice – Les champs magnétiques (suite)

8. Le bout pointu d'un clou en fer est placé près du pôle sud d'un aimant.
 - a) Quel bout du clou deviendra un pôle nord?
 - b) Nomme le processus par lequel le clou devient un aimant temporaire.

9. Explique les situations qui suivent à l'aide de la théorie des domaines.
 - a) On peut magnétiser un clou en le frottant contre un aimant permanent puissant.
 - b) Lorsqu'une substance devient magnétisée, elle atteint un point de saturation auquel sa puissance est limitée.
 - c) Un aimant peut être démagnétisé si on le laisse chuter par terre.
 - d) Un aimant en fer peut être démagnétisé si on le chauffe à une température de 770° C.

10. Explique la différence entre une loi scientifique et une théorie scientifique en utilisant la loi des pôles magnétiques et la théorie des domaines comme exemples.



ANNEXE 22 : L'histoire de l'électromagnétisme

Nom : _____

Date : _____

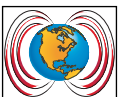
Les humains s'intéressent depuis longtemps aux propriétés magnétiques et électriques. Une légende ancienne veut que Hoang-Ti, fondateur de l'empire chinois, ait conçu la première boussole magnétique (dont l'aiguille était mue par une force invisible). Ce n'est que vers l'an 1000 apr. J.-C. que les Européens commencent à utiliser des boussoles pour naviguer. On confondra longtemps magnétisme et électricité.

Les Grecs de l'Antiquité appellent « êlektron » l'ambre jaune, cette résine fossilisée issue d'une espèce de pin disparue depuis plus de 10 millions d'années. Thalès, un philosophe grec, remarque que l'ambre frotté contre un tissu attire des brins de paille, des barbes de plumes ou de la moelle de sureau. Par contre, la magnétite attire du fer sans qu'on ne lui fasse subir aucun frottement et, quand on la suspend, elle s'oriente en direction nord-sud.

William Gilbert (1544-1603) est un scientifique et le médecin de la reine Elisabeth 1^{re}. Il examine tout ce qui est connu au sujet de la magnétite et de l'ambre et effectue de nombreuses expériences sur le magnétisme et l'électricité. Il croit que ces deux phénomènes sont liés. C'est Gilbert qui nous a donné le terme « électricité ». Il précise que l'attraction électrique est différente du magnétisme : plusieurs corps peuvent la subir lorsqu'on les frotte, tandis que le magnétisme n'affecte que quelques substances. De plus, l'attraction magnétique peut s'effectuer à travers une substance intermédiaire, mais ce n'est pas le cas pour l'attraction électrique. Enfin, les aimants attirent surtout aux pôles, mais les corps électrisés attirent sur toute leur surface.

Hans Christian Ørsted (1777-1836) est un physicien danois qui s'intéresse à l'interaction possible entre le magnétisme et l'électricité. La découverte de l'électromagnétisme a lieu lors d'une démonstration qu'il effectue devant des élèves au printemps de l'année 1820. Ørsted remarque que chaque fois qu'un courant électrique passe le long d'un fil conducteur, l'aiguille d'une boussole placée sous le fil dévie et atteint une position perpendiculaire à ce dernier. Il ne dit rien à ses élèves mais publie ses observations trois mois plus tard. Ørsted prétend qu'il tentait de vérifier l'effet d'un courant électrique sur un champ magnétique, mais certains de ses élèves indiquent que l'expérience effectuée était plutôt pour démontrer le chauffage d'un fil à l'aide d'un courant électrique et qu'une boussole sur la table devait servir à une démonstration au sujet du magnétisme.

Ørsted poursuit ses expériences sur l'interaction entre l'électricité et le magnétisme et remarque que s'il déplace le fil vers la gauche ou la droite tout en le gardant parallèle à la position initiale de l'aiguille de la boussole, cette dernière ne suit pas le fil. La force ne peut donc pas être due à l'attraction entre un pôle et le fil, car l'aiguille suivrait le mouvement du fil. Cependant, l'aiguille dévie en direction opposée lorsque le fil est placé sous la boussole ou lorsque le courant est inversé dans le fil. À l'aide de ces observations, Ørsted finit par conclure que le mouvement de charges crée un champ magnétique circulaire autour du conducteur.



ANNEXE 22 : L'histoire de l'électromagnétisme (suite)

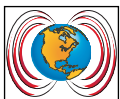
À cette époque, on croit que le courant électrique consiste en des charges positives qui se déplacent. Par le temps qu'on découvre que ce sont vraiment des charges négatives (électrons) qui se déplacent dans un conducteur, la notion de **courant conventionnel** (direction dans laquelle une charge positive se déplacerait) est tellement courante qu'on continue à l'utiliser. On développe une façon simple de déterminer la direction du champ magnétique : la **première règle de la main droite**. Si l'on tient le fil conducteur avec la main droite et que le pouce droit indique la direction du courant conventionnel, les doigts enroulés autour du conducteur indiquent la direction du champ magnétique.

Si l'on parle de **courant électronique** (direction dans laquelle se déplacent les électrons), il faut utiliser la **première règle de la main gauche** pour déterminer la direction du champ magnétique autour d'un fil conducteur. Si l'on tient le fil avec la main gauche et que le pouce gauche indique la direction du flux d'électrons (courant électronique), les doigts enroulés autour du conducteur indiquent la direction du champ magnétique.

Une boucle de fil conducteur parcouru d'un courant électrique possède un champ magnétique très intense au centre. Le champ est d'autant plus intense lorsqu'on place plusieurs boucles ensemble. Un solénoïde est un dispositif de ce genre, construit en enroulant un fil conducteur de nombreuses fois sur un cylindre. Le champ magnétique qui entoure un solénoïde ressemble à celui d'un aimant droit.

Pour déterminer l'orientation du champ magnétique au centre d'une boucle de fil ou d'un solénoïde, on emploie la **deuxième règle de la main droite** selon laquelle on enroule les doigts de la main droite dans le sens du courant conventionnel. Le pouce indique le sens du champ magnétique au centre de la boucle ou du solénoïde.

Si l'on parle de courant électronique, il faut utiliser la **deuxième règle de la main gauche**. Si on enroule les doigts de la main gauche dans le sens du déplacement des électrons, le pouce indique le sens du champ magnétique au centre de la boucle ou du solénoïde.



ANNEXE 23 : Expérience – Fabrication d'un électroaimant

Nom : _____

Date : _____

Est-ce qu'un circuit électrique possède des propriétés magnétiques?

Matériel nécessaire

- deux piles de format D (1,5 V)
- un clou de fer mesurant de 8 cm à 10 cm
- environ 1 m de fil de cuivre isolé (d'un diamètre d'au moins 0,65 mm) dont les bouts sont dénudés
- des trombones
- une boussole

Étapes à suivre

1. Enroule le fil autour du clou en faisant au moins 40 tours.
2. Monte les deux piles en série et relie les deux bouts du fil aux deux bornes libres.
3. Approche un trombone du clou. Que se passe-t-il?

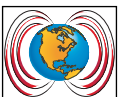
ATTENTION, LE FIL PEUT DEVENIR TRÈS CHAUD! Sois prêt à laisser tomber l'électroaimant s'il devient trop chaud.

4. Approche une boussole d'une extrémité du clou et ensuite de l'autre. Que se passe-t-il?

5. Qu'est-ce qui se produit lorsque tu coupes le courant?

Questions de prolongement

1. Combien de trombones peux-tu lever avec ton électroaimant?
2. En utilisant seulement le matériel à ta disposition, de quelle façon peux-tu rendre ton électroaimant plus puissant?
3. En te servant de matériel supplémentaire, de quelle façon peux-tu le rendre plus puissant?
4. Pourquoi le fil devient-il chaud lorsque le courant circule?
5. Explique comment fonctionne ton électroaimant.



ANNEXE 24 : Mot mystère – Champs magnétiques et électromagnétisme

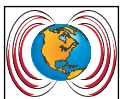
Nom : _____

Date : _____

À partir des indices donnés à la page suivante, trouve les mots dans la grille. Les lettres qui restent donneront deux mots qui se rapportent à l'électromagnétisme.

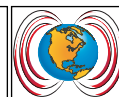
| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | F | A | I | M | A | N | T | S | D | I | O | P |
| D | E | M | S | A | E | T | E | N | G | A | M | O |
| I | R | P | I | G | R | E | C | S | I | U | N | S |
| O | R | M | O | N | O | R | D | Q | E | S | O | I |
| N | O | A | L | E | A | T | O | I | R | E | S | T |
| E | M | H | N | T | D | I | P | D | U | S | I | I |
| L | A | C | H | I | N | O | I | S | S | O | A | V |
| O | G | T | A | T | L | A | I | E | C | P | N | E |
| S | N | N | E | E | E | K | M | G | E | P | I | S |
| F | E | R | S | S | M | B | N | I | T | O | L | D |
| O | T | N | A | N | L | U | A | A | A | S | C | E |
| R | I | U | G | A | T | A | A | S | R | Q | N | T |
| C | Q | Q | B | I | X | I | R | P | I | F | I | S |
| E | U | L | G | I | L | B | E | R | T | L | U | R |
| D | E | C | L | I | N | A | I | S | O | N | E | E |
| S | E | N | I | A | M | O | D | E | L | E | E | O |

Mots mystère : _____



ANNEXE 24 : Mot mystère – Champs magnétiques et électromagnétisme (suite)

1. Ont été les premiers à observer les forces magnétiques.
2. Minerai magnétique nommé d'après sa région d'origine.
3. Élément magnétique à température ambiante.
4. Ont inventé la boussole.
5. Objet fabriqué dans une matière magnétique magnétisé en permanence.
6. Région autour d'un objet magnétisé où un autre objet subit une force magnétique : _____ magnétique.
7. Zones de force magnétique concentrée aux extrémités d'un aimant.
8. Pôle magnétique ayant tendance à s'orienter vers le nord géographique.
9. Les pôles _____ s'attirent.
10. Les pôles _____ se repoussent.
11. Pôle où arrivent les lignes de champ magnétique.
12. Nom de l'ouvrage rédigé par William Gilbert : De _____.
13. Patron de William Gilbert.
14. Scientifique qui a fait les premières expériences contrôlées en magnétisme.
15. Angle formé par le nord magnétique et le pôle géographique avoisinant.
16. Angle formé par les lignes du champ magnétique et une ligne horizontale.
17. Toute substance que l'on peut aimer à l'aide d'un champ magnétique.
18. Les domaines d'une substance non magnétisée sont _____.
19. Les domaines d'une substance magnétisée sont _____.
20. En coupant un aimant en deux, on produit deux _____.
21. La théorie des _____ permet d'expliquer certains phénomènes magnétiques.
22. A énoncé le principe fondamental de l'électromagnétisme.
23. A proposé la notion de courant conventionnel.
24. Le courant conventionnel consiste en un flux imaginaire de charges _____.
25. Consiste en un fil conducteur enroulé autour d'un cylindre.
26. Ce qui représente le sens du courant dans un solénoïde selon la règle de la main gauche/droite.
27. Ce qui représente le sens de la force selon la règle de la main gauche/droite.
28. Unité dérivée mesurant l'intensité du champ magnétique.
29. Discerné à Millikan pour la découverte de la charge élémentaire : _____ Nobel.
30. Un conducteur parcouru d'un courant placé perpendiculairement à un champ magnétique subit une _____.
31. Quantité vectorielle souvent confondue avec la masse qui varie selon la force du champ gravitationnel.
32. Cherche à expliquer les propriétés d'un phénomène et d'en prédire de nouveaux comportements.
33. Expliquent le comportement des objets magnétisés : les _____ d'attraction et de répulsion.
34. Parallèles dans un champ électrique uniforme : _____ du champ électrique.



ANNEXE 25 : Mot mystère – Corrigé

Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : mttb@merlin.mb.ca

téléphone : (204) 483-5040 télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

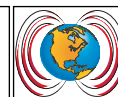
n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

PORTFOLIO : Table des matières

Nom : _____

| PIÈCE* | TYPE DE TRAVAIL | DATE | CHOISIE PAR |
|--------|-----------------|------|-------------|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | |
| 9. | | | |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| 15. | | | |



PORTFOLIO : Fiche d'identification

Fiche d'identification

Nom de la pièce : _____

Apprentissage visé (connaissances, habiletés, attitudes) : _____

Remarques et réflexions personnelles au sujet de ce travail : _____

Ton niveau de satisfaction par rapport à ce travail :

| | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| pas satisfait(e) du tout | | | | très satisfait(e) |