

# Physique



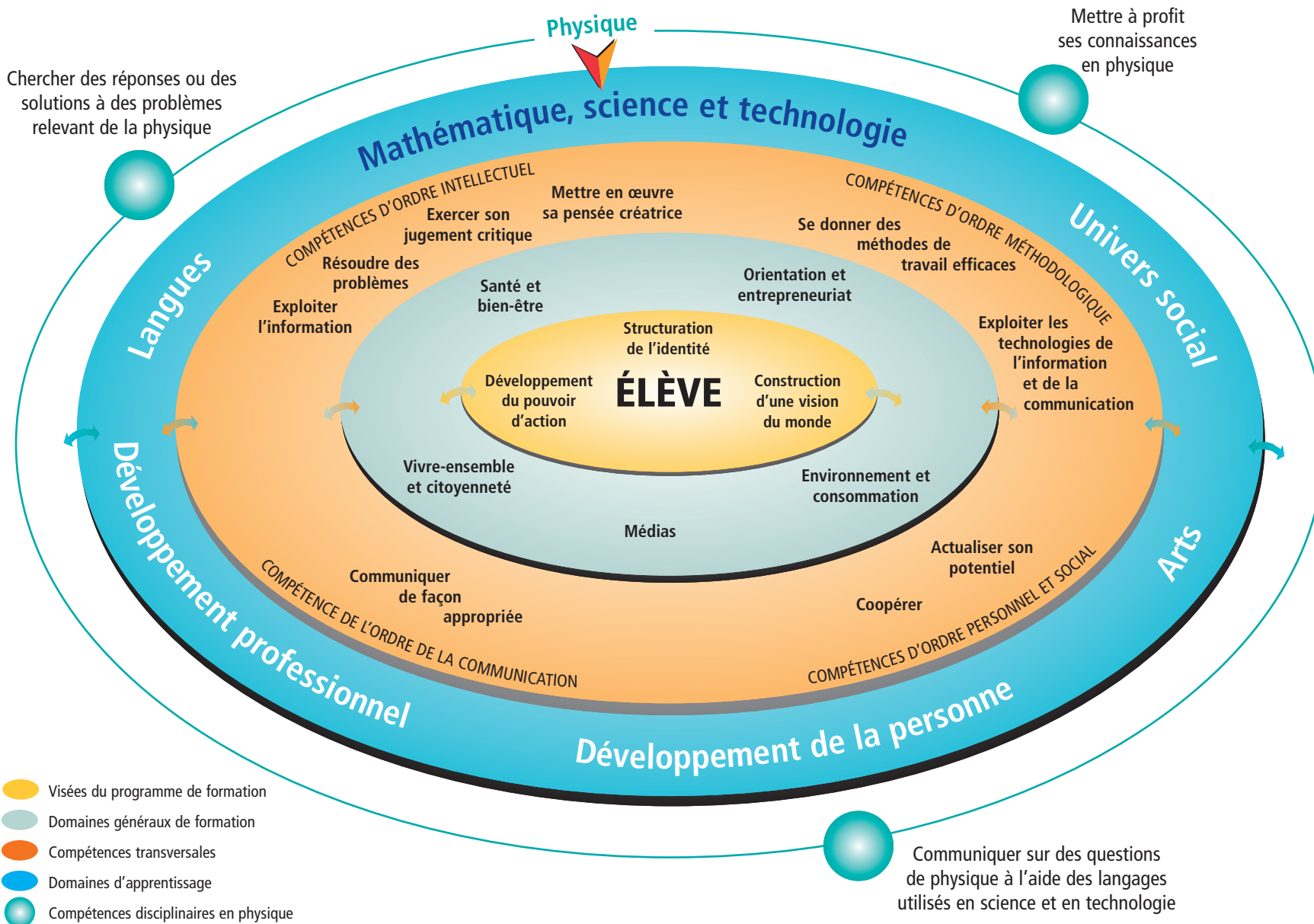
# Table des matières

# Physique

<b>Présentation de la discipline</b> .....	1
La culture scientifique .....	1
Le programme .....	2
<b>Relations entre le programme de physique et les autres éléments du Programme de formation</b> .....	4
Relations avec les domaines généraux de formation .....	4
Relations avec les compétences transversales .....	5
Relations avec les autres disciplines .....	6
<b>Contexte pédagogique</b> .....	8
Rôle de l'enseignant .....	8
Rôle de l'élève .....	12
<b>Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique</b> .....	13
Sens de la compétence .....	13
Compétence 1 et ses composantes .....	15
Critères d'évaluation .....	15
Attentes de fin de programme .....	15
<b>Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances en physique</b> ..	16
Sens de la compétence .....	16
Compétence 2 et ses composantes .....	17
Critères d'évaluation .....	17
Attentes de fin de programme .....	17
<b>Compétence 3 Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie</b> .....	18
Sens de la compétence .....	18
Compétence 3 et ses composantes .....	20
Critères d'évaluation .....	20
Attentes de fin de programme .....	20

<b>Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire</b> ..	21
Concepts prescrits .....	21
Démarches, stratégies, attitudes et techniques .....	24
• Démarches .....	24
• Stratégies .....	26
• Attitudes .....	27
• Techniques .....	28
<b>Annexes</b>	
Annexe A – Contextualisation des apprentissages .....	29
Annexe B – Exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation .....	34
Annexe C – Répartition des concepts prescrits de l'univers matériel du premier et du deuxième cycle du secondaire .....	39
<b>Bibliographie</b> .....	47

# Apport du programme de physique au Programme de formation



# Présentation de la discipline

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

Pour sa part, la physique s'intéresse, entre autres, aux composantes fondamentales de l'univers et à leurs interactions de même qu'aux forces qui s'y exercent et à leurs effets. Elle vise à expliquer divers phénomènes en établissant les lois qui les régissent. Elle développe des modèles formels pour décrire et prévoir l'évolution de systèmes.

---

*La physique s'intéresse, entre autres, aux composantes fondamentales de l'univers, à leurs interactions, aux forces qui s'y exercent et à leurs effets.*

---

Elle revêt aussi une grande importance pratique, notamment par sa contribution à la chimie et à l'ingénierie. Les inventions et les innovations qui appartiennent à la physique témoignent de sa vitalité et de son rôle essentiel dans le développement des sociétés. Qu'il s'agisse de santé, de sports ou de loisirs, de ressources énergétiques, de transports ou encore de télécommunications, l'apport de la physique dans la vie quotidienne est tout aussi significatif.

L'émergence rapide des savoirs scientifiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications<sup>1</sup> exigent des individus qu'ils disposent non seulement d'un bagage de connaissances spécifiques de ce domaine, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'adapter aux contraintes du changement. Une telle adaptation nécessite de prendre du recul par rapport aux acquis, de comprendre la portée et les limites du savoir et d'en saisir les retombées.

---

1. Tel que présenté dans le programme d'applications technologiques et scientifiques, on entend par « application » une réalisation pratique, soit un objet technique, un système, un produit ou un procédé.

## La culture scientifique

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de l'héritage culturel et constitue un facteur déterminant de développement. Aussi importe-t-il d'amener les élèves à élargir leur culture scientifique, de leur faire prendre conscience du rôle qu'une telle culture peut jouer dans leur capacité à prendre des décisions éclairées et de leur faire découvrir le plaisir que l'on peut retirer au contact de l'activité scientifique.

Une telle activité sollicite en effet la curiosité, l'imagination, le désir d'explorer, le plaisir d'expérimenter et de découvrir tout autant que les connaissances à acquérir et le besoin de comprendre, d'expliquer et de créer. À ce titre, la science n'est pas l'apanage de quelques initiés. La curiosité à l'égard des phénomènes qui nous entourent ainsi que la fascination pour les inventions et les innovations nous interpellent tous à des degrés divers.

L'histoire de la science est partie prenante de cette culture et doit être mise à contribution. Elle permet de mettre en perspective les découvertes scientifiques et d'enrichir la compréhension que nous en avons. Diverses ressources peuvent être mises à profit. Les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ainsi que plusieurs autres ressources communautaires constituent autant de sources où puiser pour accroître et enrichir notre culture scientifique.

---

*Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science occupe une part importante de l'héritage culturel et constitue un facteur déterminant de développement.*

---

## Le programme

Le programme de physique s'inscrit dans le prolongement des programmes du premier et du deuxième cycle du secondaire. Il vise à consolider et à enrichir la formation scientifique des élèves et constitue un préalable permettant d'accéder à plusieurs programmes préuniversitaires ou techniques offerts par les établissements d'enseignement collégial. Il se distingue par son contenu monodisciplinaire dont les concepts prescrits sont regroupés autour des concepts généraux suivants : la cinématique, la dynamique, la transformation de l'énergie et l'optique géométrique. Le contenu de formation s'inscrit dans des contextes signifiants<sup>2</sup> qui peuvent nécessiter l'intégration de savoirs associés aux univers à l'étude dans les programmes de science et technologie antérieurs de même qu'à diverses disciplines, thématiques ou problématiques. À cet égard, une attention doit être portée au renforcement des liens entre la physique et la mathématique.

Ce programme vise le développement des trois compétences suivantes :

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique;
- Mettre à profit ses connaissances en physique;
- Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Étroitement liées, ces compétences se rattachent à des dimensions complémentaires de la science : les aspects pratiques et méthodologiques; les aspects théoriques, sociohistoriques et environnementaux; et les aspects relatifs à la communication. Les exigences relatives à leur développement sont élevées, en raison notamment de la complexité des concepts prescrits.

La première compétence met l'accent sur la méthodologie utilisée en science pour résoudre des problèmes. Elle est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen notamment de la démarche expérimentale. Les élèves sont appelés à se poser des questions, à résoudre des problèmes et à trouver des solutions en observant, en modélisant, en mesurant ou en expérimentant.

---

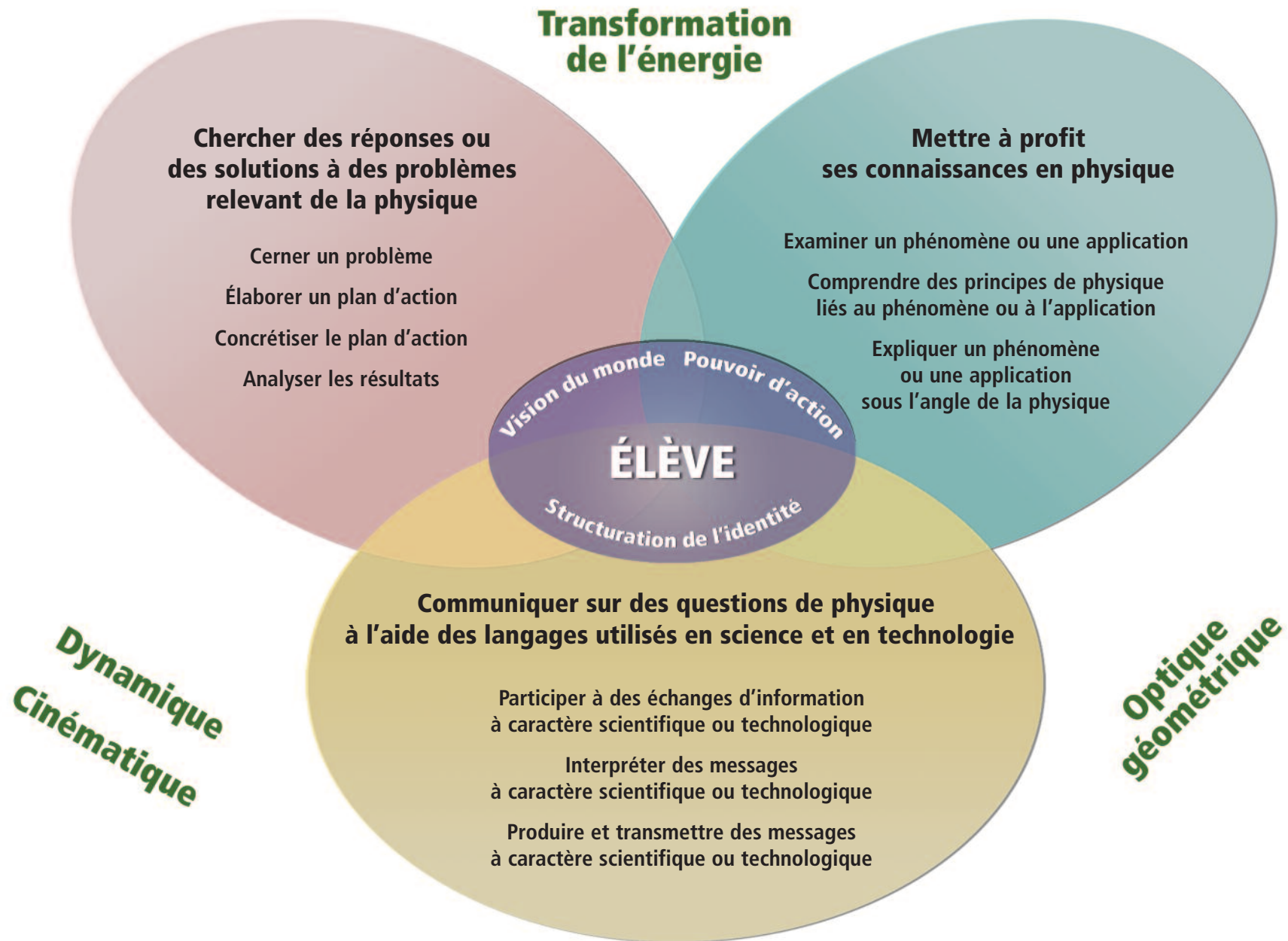
2. L'annexe A présente, pour chacun des univers, certains concepts vus antérieurement ainsi que diverses pistes de contextualisation.

La deuxième compétence porte sur l'analyse de phénomènes ou d'applications. Les élèves sont ainsi amenés à examiner des phénomènes ou des applications et à s'approprier les concepts de physique qui permettent de les comprendre et de les expliquer.

La troisième compétence fait appel aux divers langages propres à la discipline et essentiels au partage d'information, de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique et technologique. Les élèves sont invités à participer activement à des échanges en ayant recours aux langages utilisés en science et en technologie, conformément aux règles et aux conventions établies.

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

## CONTRIBUTION DE L'APPRENTISSAGE DE LA PHYSIQUE À LA FORMATION DE L'ÉLÈVE



## Relations entre le programme de physique et les autres éléments du Programme de formation

---

De nombreuses relations peuvent être établies entre le programme de physique et les autres éléments du Programme de formation, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales, le programme de mathématique et les autres domaines d'apprentissage, de même que le projet intégrateur.

### Relations avec les domaines généraux de formation

Les divers contextes associés aux domaines généraux de formation trouvent un écho important dans les enjeux et les défis liés aux découvertes et aux inventions, plus particulièrement dans leurs répercussions sur la santé, le bien-être, l'environnement et l'économie.

#### Santé et bien-être

Les savoirs acquis en physique aident à répondre à de nombreuses interrogations concernant le fonctionnement du corps, la santé, la sécurité ou le confort. Au quotidien, la compréhension de l'action des forces qui s'exercent à partir du corps ou sur le corps de même que du travail qu'elles accomplissent, dans les arts, les sports ou différents corps de métiers, permet d'augmenter l'efficacité et la performance des mouvements et de les rendre plus sécuritaires. Cette connaissance est également utile pour l'adaptation de divers objets et systèmes, tels des appareils de réadaptation ou des prothèses, aux spécificités biomécaniques des individus.

#### Environnement et consommation

Les savoirs scientifiques et technologiques contribuent à sensibiliser les jeunes à des questions relatives à leur environnement, comme l'exploitation des ressources naturelles, les impacts de certaines réalisations humaines ou la gestion des déchets. Plusieurs avancées de la science ont entraîné des

habitudes de consommation qui ont diverses conséquences environnementales. Une prise de conscience de ces effets nous amène à modifier nos comportements. Par exemple, les concepts liés à la transformation de l'énergie peuvent mener à des réflexions sur l'utilisation responsable des ressources.

#### Médias

Que ce soit pour s'informer, apprendre ou communiquer, les élèves ont recours aux différents médias. Il importe qu'ils apprennent à devenir critiques à l'égard des renseignements qu'ils obtiennent. Ils doivent s'approprier le matériel et les codes de communication médiatiques, et constater l'influence grandissante des médias dans leur vie quotidienne et dans la société. Les films, les journaux, la télévision et plusieurs médias électroniques traitent de sujets de nature scientifique ou technologique qui présentent de

multiples liens possibles avec le quotidien des jeunes. Un solide bagage de connaissances scientifiques est souvent utile pour évaluer l'information. Ces ressources doivent être exploitées par l'enseignant. Il peut par ailleurs miser sur l'intérêt que portent les jeunes aux moyens de communication pour contextualiser les apprentissages et accroître leur motivation.

#### Orientation et entrepreneuriat

Les diverses activités que les élèves sont appelés à réaliser dans le cadre du programme de physique sont autant d'occasions de les amener à mieux comprendre le travail qu'effectuent les personnes qui occupent un emploi dans ce secteur et à s'y intéresser pour leur orientation personnelle.

---

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

---

Les compétences propres à ce programme, de même que plusieurs des concepts, stratégies, techniques, attitudes et démarches qui les sous-tendent, s'avéreront utiles dans de nombreux secteurs d'emploi tels que l'ergothérapie, l'aéronautique et l'animation informatique. L'enseignant peut aider les élèves à en prendre conscience et mesurer leur intérêt pour ces secteurs et leur aptitude à s'engager dans des professions qui s'y rattachent. Une telle prise de conscience est particulièrement importante à la fin du secondaire, alors que les élèves sont appelés à préciser leur cheminement scolaire et professionnel.

### Vivre-ensemble et citoyenneté

La culture scientifique et technologique que les élèves acquièrent graduellement se traduit par de nouvelles représentations de certains enjeux sociétaux, ce qui peut améliorer la qualité de leur participation à la vie de la classe, de l'école ou de la société dans son ensemble. Diverses activités, par exemple celles qui se rapportent à la conduite automobile, peuvent offrir des canevas de situations susceptibles de les aider à faire l'apprentissage d'une citoyenneté responsable.

### Relations avec les compétences transversales

Les compétences disciplinaires offrent un ancrage privilégié pour le développement des compétences transversales et celles-ci contribuent en retour à élargir considérablement le rayon d'action des compétences disciplinaires.

### Compétences d'ordre intellectuel

Les compétences d'ordre intellectuel jouent un rôle de premier plan en physique. Ainsi, la quête de réponses à des questions d'ordre scientifique exige des élèves qu'ils exploitent l'information de façon judicieuse et se questionnent quant à la crédibilité des sources. Cela les amène aussi à acquérir de nouvelles habiletés en matière de résolution de problèmes et à les adapter à la nature particulière de contextes divers. Élaborer et réaliser un plan d'action pour résoudre un problème ou encore expliquer un

phénomène ou une application représentent par ailleurs autant de façons de mettre en œuvre leur pensée créatrice.

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

### Compétences d'ordre méthodologique

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

---

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

---

L'essor des technologies de l'information et de la communication a largement contribué aux récentes avancées dans le monde de la science et de la technologie. Le fait que les élèves aient à recourir à divers outils technologiques (sondes connectées à des interfaces d'acquisition de données, dessin assisté par ordinateur, logiciels de simulation, etc.) dans la résolution de problèmes scientifiques et l'expérimentation favorise le développement de leur compétence à exploiter les technologies de l'information et de la communication.

### Compétences d'ordre personnel et social

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



La construction des savoirs scientifiques appelle par ailleurs à la coopération, puisqu'elle repose largement sur le partage d'idées ou de points de vue, sur la validation par les pairs ou par des experts et sur la collaboration à diverses activités de recherche et d'expérimentation ou de résolution de problèmes.

### Compétence de l'ordre de la communication

L'appropriation de concepts et l'apprentissage des langages scientifiques et technologiques concourent à la capacité des élèves à communiquer de façon appropriée. Ils doivent non seulement découvrir graduellement les codes et les conventions propres à ces langages, mais aussi apprendre à les maîtriser et à en exploiter les divers usages.

La participation des élèves à une communauté virtuelle, par exemple le fait de se joindre à un forum de discussion ou à une visioconférence pour partager de l'information, échanger des données, consulter des experts en ligne, communiquer les résultats de leur démarche et les confronter à ceux de leurs pairs, constitue une façon de mettre à profit cette compétence.

---

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

---

### Relations avec les autres disciplines

Dans une perspective de formation intégrée, il importe de ne pas dissocier les apprentissages réalisés en physique de ceux qui sont effectués dans d'autres domaines d'apprentissage. Toute discipline se définit, en partie du moins, par le regard particulier qu'elle porte sur le monde. La physique peut dès lors s'enrichir de l'apport complémentaire d'autres disciplines et contribuer à les enrichir à son tour.

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

La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique et technologique. D'une part, elle présente un ensemble de savoirs dans lequel la science puise abondamment. Ainsi, les élèves qui entreprennent une démarche scientifique au cours de la cinquième année du secondaire ne sont plus seulement amenés à mesurer, à dénombrer, à calculer des moyennes, à appliquer des notions de géométrie, à visualiser dans l'espace et à choisir divers modes de représentation, mais également à élaborer des argumentations ou des

démonstrations formelles. La mathématique est souvent d'une grande utilité dans l'élaboration ou la construction de modèles visant à rendre compte des relations qui existent entre certaines variables déterminantes. Elle est aussi utilisée dans la résolution de problèmes, tant sur le plan expérimental que sur le plan théorique. De plus, le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels elle recourt constituent un langage rigoureux dont tire profit la science.

D'autre part, la mathématique fait appel à des compétences axées sur le raisonnement, la résolution de problèmes et la communication, lesquelles présentent une parenté avec les compétences qui sont au cœur de ce programme. Leur exercice conjoint ne peut que favoriser leur transfert et s'avère particulièrement propice au développement de la capacité d'abstraction et des stratégies de résolution de problèmes. La physique contribue en outre à rendre concrets certains savoirs mathématiques, comme la notion de variable, les relations de proportionnalité, les vecteurs et diverses fonctions.

### Domaine des langues

Les disciplines du domaine des langues fournissent des outils essentiels au développement des compétences ciblées par ce programme. Qu'il s'agisse de lire ou d'écrire des textes variés ou encore de communiquer oralement, les compétences acquises dans le cours de français sont essentielles pour interpréter des informations de manière pertinente, décrire ou expliquer un phénomène et justifier certains choix méthodologiques. De son côté, le vocabulaire scientifique, très varié et souvent inédit, contribue à l'enrichissement de la langue. Soulignons enfin l'étroite relation entre la capacité d'analyser ou de produire des textes, à l'oral ou à l'écrit, et la compétence *Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*.

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

### Domaine de l'univers social

L'étude des avancées de la science et de la technologie peut éclairer notre compréhension de certains enjeux du monde contemporain. Ceux-ci s'inscrivent dans un contexte historique et dans des réalités sociales particulières, qui exigent parfois de recourir à des connaissances relevant de la physique. En retour, la compréhension de ces enjeux remet en contexte les progrès de la physique et permet de mieux saisir les défis liés au développement de nouveaux modes de production d'énergie.

### Domaine des arts

La physique tire notamment profit de l'exercice de la créativité, à laquelle les disciplines artistiques concourent largement. Certaines démarches particulières à ce programme présentent en effet des liens avec la dynamique de création commune aux quatre programmes du domaine des arts. C'est le cas, entre autres, de la résolution de problèmes, qui fait appel à la créativité.

La physique apporte en retour sa propre contribution à ces disciplines. Par exemple, certaines connaissances relatives à la cinématique ou à la dynamique peuvent faciliter l'analyse d'un mouvement de danse ou la production d'effets spéciaux en art dramatique.

### Domaine du développement de la personne

Certaines connaissances acquises dans le cours de physique peuvent être réinvesties dans l'analyse de questions débattues en éthique et culture religieuse. Par exemple, les savoirs associés à la transformation de l'énergie sont utiles dans les discussions éthiques sur des questions relatives à son utilisation.

Des liens intéressants peuvent aussi être tissés avec le programme d'éducation physique et à la santé. Ainsi, les connaissances en dynamique peuvent être mises à profit lors de la décomposition d'un mouvement afin d'en améliorer l'exécution. Les divers mouvements effectués lors d'activités physiques peuvent, pour leur part, servir d'exemples permettant de contextualiser certains des éléments de contenu de ce programme.

### Projet intégrateur

Tous les élèves de cinquième secondaire sont désormais invités à s'engager dans la réalisation d'un projet personnel permettant d'effectuer une intégration significative de certains des acquis accumulés au cours de leur cheminement scolaire. Des projets rattachés au domaine de la physique, dont certains pourraient éventuellement être présentés dans le cadre d'une expo-sciences, constituent une occasion privilégiée pour un jeune de prolonger et d'approfondir une interrogation ayant suscité sa curiosité dans le cours de physique.

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

## Contexte pédagogique

---

### Rôle de l'enseignant

L'enseignant joue un rôle fondamental dans le développement des compétences chez les élèves. L'accompagnement qu'il leur offre doit porter sur les trois caractéristiques des compétences : la mobilisation en contexte, la disponibilité de ressources et le retour réflexif. Il doit leur proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement des compétences visées, soutenir la progression de leurs apprentissages et évaluer le niveau qu'ils ont atteint dans le développement de ces compétences<sup>3</sup>.

### Proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation qui favorisent le développement des compétences

Le développement de compétences par les élèves induit le recours à une *pédagogie des situations*. C'est en effet à travers des situations d'apprentissage et d'évaluation diversifiées et significatives, dont la complexité augmentera à mesure que progresseront leurs apprentissages, que les élèves seront amenés à établir des liens entre ce qu'ils savent et ce qu'il leur faut apprendre et qu'ils pourront développer leurs compétences.

---

3. À ce sujet, on relira avec profit la section *Des pratiques renouvelées* du chapitre 1 du Programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, deuxième cycle (p. 17 à 22).

### Des situations complexes et diversifiées<sup>4</sup>

Les compétences se manifestent et se développent dans des situations d'apprentissage et d'évaluation d'une certaine complexité. De telles situations sont caractérisées par le fait qu'elles sollicitent au moins une compétence dans son ensemble, qu'elles exigent la mobilisation de ressources internes et externes ainsi que l'acquisition de connaissances nouvelles, qu'elles donnent lieu à une production et qu'elles placent les élèves devant un problème ouvert et non résolu auparavant. Elles sont généralement constituées d'un ensemble d'activités variées, allant de la libre exploration à des tâches impliquant un but à atteindre ou des problèmes à résoudre qui obligent à surmonter des obstacles. Certaines activités peuvent inclure des exercices d'application ou de consolidation.

Dans les activités qu'il proposera, l'enseignant veillera à ce que l'expérimentation consiste le plus souvent à valider ou à invalider une hypothèse ou une proposition que les élèves auront eux-mêmes formulée. Cela leur permettra d'établir des liens entre leurs connaissances antérieures et ce qu'ils apprennent, de même qu'entre la théorie et la pratique. Il les amènera, dans la mesure du possible, à préparer eux-mêmes les expériences à effectuer, de façon à s'en faire un modèle qui débouche sur l'écriture d'un protocole expérimental. Dans certains cas, l'enseignant pourra réaliser lui-même une expérience à titre de démonstration.

---

4. L'annexe B présente des exemples de situations d'apprentissage et d'évaluation. Ces situations permettent parfois d'établir des liens avec les intentions éducatives des domaines généraux de formation de même qu'avec des apprentissages visés par d'autres disciplines. Elles rendent également possible l'exercice de compétences aussi bien disciplinaires que transversales.

La participation active des élèves est indispensable dans toute activité de résolution de problèmes. L'enseignant s'assurera de leur faire comprendre que la phase déterminante de la résolution d'un problème est toujours sa représentation. Celle-ci doit être effectuée par les élèves et se poursuivre tout au long de l'élaboration de la solution. Il s'agit de les amener à construire un modèle du problème, si rudimentaire soit-il, et à l'ajuster et le compléter jusqu'à ce que la solution apparaisse. L'élaboration de la solution est ainsi étroitement liée à la représentation.

Il est à noter que les situations d'apprentissage et d'évaluation favorisent davantage le développement des compétences lorsqu'elles sont ouvertes. Des situations ouvertes présentent des données de départ susceptibles de mener à différentes pistes de solution. Les données initiales, tout en étant parfois complètes, sont le plus souvent implicites et peuvent même faire défaut ou être superflues. Elles exigent donc de la part des élèves une recherche qui pourra déboucher sur de nouveaux apprentissages.

Quelle que soit l'activité prévue, le retour réflexif constitue un passage obligé, en particulier lors des activités de résolution de problèmes organisées autour de situations complexes. Une attention particulière sera portée au soutien que peut constituer, pour l'élève placé devant un défi, la prise de notes. Celles-ci lui permettent de marquer les étapes de sa réflexion et de sa progression vers la solution et d'utiliser des résultats partiels comme des données. Elles constituent des aide-mémoire irremplaçables pour la résolution des problèmes, indépendamment du fait qu'elles peuvent éventuellement servir à évaluer le développement des compétences.

---

*Dans ce programme, la contextualisation favorise la construction des concepts de physique tout en permettant l'établissement de liens avec les univers étudiés antérieurement.*

---

### *Des situations signifiantes*

Les situations d'apprentissage et d'évaluation doivent être porteuses de sens pour les élèves. Pour cela, elles doivent susciter leur intérêt et leur poser des défis à leur portée tout en leur permettant de percevoir l'utilité des savoirs en cause.

Le contexte dans lequel s'inscrit une situation peut découler des domaines généraux de formation, des repères culturels, des réalités concrètes de la vie des élèves, de questions tirées de l'actualité ou d'objets conceptuels et matériels associés à la science et à la technologie. De tels contextes sont susceptibles de réactiver des acquis (savoirs scientifiques, technologiques ou mathématiques et expériences antérieures). Dans ce programme, la contextualisation favorise la construction des concepts de physique tout en permettant l'établissement de liens avec les univers étudiés antérieurement.

Les activités dont la situation est constituée, qu'il s'agisse de stratégies répétitives, d'exercices, de tâches finalisées, d'expérimentations ou de résolution de problèmes, sont fonction des intentions pédagogiques de l'enseignant et de l'état de développement des compétences des élèves. Elles doivent s'inscrire dans un contexte qui donne du sens aux apprentissages visés. Il appartient à l'enseignant de s'assurer que le contexte demeure présent à l'esprit des élèves sans toutefois les submerger par une trop grande quantité d'informations.

### *Les ressources pouvant être mises à profit*

En physique comme dans toutes les autres disciplines, l'exercice des compétences repose sur la mobilisation de ressources internes ou externes de plusieurs types : personnelles, informationnelles, matérielles, institutionnelles et humaines. Les ressources personnelles correspondent aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes, aux techniques ou aux démarches. Certains éléments de contenu du programme de mathématique font partie intégrante des outils conceptuels indispensables à la construction des connaissances en physique. Leur exploitation favorise le développement de la capacité d'abstraction nécessaire pour l'élaboration ou l'analyse de modèles formels issus notamment du travail du scientifique.

Les ressources informationnelles comprennent les manuels et documents divers ou tout autre élément pertinent pour la recherche d'information. La catégorie des ressources matérielles comporte notamment les instruments, les outils et les machines. Des objets usuels de toutes sortes en font également partie. Quant aux ressources institutionnelles, elles incluent les organismes publics ou parapublics tels que les musées, les centres de recherche, les firmes d'ingénieurs, le milieu médical, les industries et entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. Ce sont des richesses à exploiter pour amener les élèves à élargir leur culture scientifique.

Les enseignants constituent, avec les techniciens en travaux pratiques, les ressources humaines les plus immédiatement accessibles aux élèves. Bien qu'ils assument des fonctions différentes, ils sont indispensables sur plusieurs plans, dont celui de la sécurité. Leur apport peut être complété par celui d'enseignants d'autres disciplines, de membres du personnel scolaire, de parents ou d'experts dans un secteur particulier désireux de contribuer aux apprentissages scolaires.

### **Soutenir la progression des apprentissages**

Un autre aspect de la tâche de l'enseignant est de soutenir ses élèves dans le développement de leurs compétences et, par le fait même, dans l'acquisition de connaissances. Pour cela, il doit baliser leur cheminement en tenant compte de la compétence ou de la démarche auxquelles il veut les amener à travailler plus particulièrement (par exemple, la construction d'un modèle, la formulation d'une première explication, le recours au concept de variable, l'application de la notion de mesure, la représentation des résultats). Il peut également choisir de favoriser l'exercice des trois compétences en interrelation tout en mettant l'accent sur l'une ou l'autre d'entre elles.

Il importe que l'enseignant adapte la tâche au niveau de compétence des élèves, leur donne des explications au besoin, réponde à leurs questions, propose des pistes de solution, encadre de manière plus soutenue ceux qui sont moins autonomes et s'assure du respect des règles de sécurité en laboratoire ou en atelier. Il lui revient aussi d'interagir avec ses élèves et d'assurer une interaction entre eux. Il pourra à cette fin leur demander des explications ou des exemples et susciter leur questionnement en leur proposant des contre-exemples pour relancer la discussion. Différentes stratégies pédagogiques, telles que l'approche par problème, l'étude de cas, la controverse ou le projet peuvent en outre favoriser l'adoption par les élèves d'une approche réflexive, dans la mesure où elles les amènent à se poser des questions et à prendre du recul par rapport à leur démarche.

L'enseignant doit offrir un encadrement souple aux élèves. Il s'assure qu'ils ne sont pas submergés par la quantité d'informations à traiter et les soutient autant dans la sélection de données pertinentes pour l'accomplissement de la tâche ou la résolution du problème que dans la recherche de nouvelles données. Il doit aussi les inciter à la rigueur ainsi que contrôler et valider leurs productions. Il veille à ce que ses interventions n'invalident pas leurs efforts. Il explique les causes des erreurs qu'il identifie et s'assure que chacun puisse apprendre à en tirer profit.

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

### Évaluer le niveau de développement des compétences

L'évaluation du niveau de développement des compétences constitue un autre aspect important du rôle de l'enseignant. Conformément à la Politique d'évaluation des apprentissages, l'évaluation revêt une double fonction : l'aide à l'apprentissage et la reconnaissance des compétences.

#### L'aide à l'apprentissage

Il importe que l'enseignant observe régulièrement ses élèves afin de les aider à réajuster leur démarche et à mobiliser plus efficacement leurs ressources. Il lui faut à cette fin leur proposer des situations d'apprentissage et d'évaluation nombreuses et variées, et leur présenter, pour chaque situation, des outils d'observation, d'évaluation ou de consignation. Lorsqu'il élabore ces situations et ces outils, il doit s'appuyer sur les critères d'évaluation énoncés pour la ou les compétences concernées. Il pourra ainsi se donner des indicateurs auxquels rattacher des comportements observables lui permettant d'en évaluer le niveau de développement. Il aura également intérêt à se référer aux attentes de fin de programme et aux échelles des niveaux de compétence.

---

*Seuls les élèves peuvent établir les liens nécessaires entre leurs connaissances antérieures et les nouveaux concepts à intégrer.*

---

Dans tous les cas, les interventions de l'enseignant doivent avoir pour objectif de permettre aux élèves de prendre conscience de leurs difficultés et d'y remédier ou de consolider des acquis. Ses observations peuvent se faire pendant qu'ils travaillent : elles appellent alors des interventions immédiates de sa part. Elles peuvent aussi être notées, ce qui permet ensuite de faire le point sur les réussites et les difficultés de chacun, de revenir avec les élèves sur les stratégies utilisées et les apprentissages réalisés, et d'ajuster son enseignement au besoin.

Soulignons enfin que, dans sa fonction d'aide à l'apprentissage, l'évaluation relève aussi de la responsabilité de chaque élève. L'enseignant pourra donc favoriser des pratiques d'autoévaluation, de coévaluation ou d'évaluation par les pairs, et proposer aux élèves des outils à cette fin.

#### La reconnaissance des compétences

Pour attester le niveau de développement des compétences atteint par chaque élève, l'enseignant doit disposer d'un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il pourra fonder son jugement. Pour s'assurer de la validité de ce jugement, il se référera aux critères d'évaluation et aux attentes de fin de programme fixées pour chacune des trois compétences. Il devra également utiliser les échelles des niveaux de compétence élaborées pour ce programme.

## Rôle de l'élève

Bien que le dispositif pédagogique soit proposé par l'enseignant, il est important que les élèves s'y engagent pleinement. Eux seuls peuvent en effet établir les liens nécessaires entre leurs connaissances antérieures et les nouveaux concepts à intégrer. C'est à eux qu'il revient d'adapter leurs connaissances aux concepts à apprendre et les concepts à apprendre aux connaissances qu'ils utilisent déjà.

À l'aide de situations qui suscitent leur intérêt et confèrent à l'activité autonome un rôle déterminant, les élèves sont amenés à agir, à raisonner, à discuter et à faire appel à leur jugement critique. Cela exige d'eux qu'ils adoptent des attitudes telles que l'esprit d'initiative, la créativité, l'autonomie et la rigueur intellectuelle. Pour ce faire, ils doivent construire et utiliser de multiples ressources internes (connaissances et techniques, habiletés, démarches, stratégies et attitudes). Si cela est nécessaire, ils cherchent des informations variées, sélectionnent les ressources matérielles utiles à leur démarche d'apprentissage ou recourent à des ressources humaines de leur environnement immédiat. Dans certains cas, il peut être intéressant pour eux de sortir du cadre familial ou scolaire. Leur milieu, les industries, les experts et les musées leur permettent de s'ouvrir au monde extérieur et de considérer différents points de vue.

---

*Seuls les élèves peuvent établir les liens nécessaires entre leurs connaissances antérieures et les nouveaux concepts à intégrer.*

---

Il est important que les élèves soient en mesure de recourir aux techniques appropriées quand ils procèdent à des manipulations. S'ils utilisent des instruments de vérification ou de contrôle, ils doivent tenir compte des incertitudes liées aux mesures, qu'elles soient attribuables à l'instrument, à l'utilisateur ou à l'environnement. Ils doivent indiquer les mesures en utilisant un nombre adéquat de chiffres significatifs et analyser leurs résultats en s'appuyant sur les erreurs qui leur sont associées. En tout temps, ils doivent appliquer les normes de sécurité établies et faire preuve de prudence lors des manipulations. Dans le doute, ils feront appel à leur enseignant ou au technicien en travaux pratiques afin de s'assurer que leurs interventions sont sécuritaires ou qu'ils utilisent correctement le matériel mis à leur disposition.

## COMPÉTENCE 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique

### Sens de la compétence

Tout comme les autres disciplines scientifiques, la physique se caractérise par la rigueur de ses démarches de résolution de problèmes. Dans tous les cas, les problèmes comportent des données initiales, un but à atteindre ainsi que des spécifications servant à en préciser la nature, le sens et l'étendue. Le fait de chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique implique le recours à divers modes de raisonnement ainsi qu'aux démarches associées à cette discipline. Celles-ci font appel à des stratégies d'exploration ou d'analyse et nécessitent créativité, méthode et persévérance. Apprendre à recourir à ces démarches et à les articuler avec pertinence permet de mieux comprendre la nature de l'activité scientifique. Cette compétence suppose donc que l'on propose aux élèves des situations d'apprentissage et d'évaluation qui dépassent la simple application de formules connues.

Les programmes de base et les programmes optionnels de science et technologie des deux premières années du deuxième cycle du secondaire comportent des démarches à caractère scientifique ou technologique. Les élèves apprennent graduellement à intégrer plusieurs de ces démarches au sein d'une même recherche de réponses ou de solutions à des problèmes. On accorde une plus grande importance qu'auparavant aux aspects quantitatifs et au formalisme mathématique, qui s'ajoutent aux considérations qualitatives.

Au cours de la cinquième année du secondaire, la science est au cœur des préoccupations et seules les démarches à caractère scientifique sont retenues. La formalisation logique et mathématique prend une place de plus en plus importante. Rarement simples, ces problèmes soulèvent de nombreuses questions qui peuvent être regroupées en sous-problèmes, chacun renvoyant à des principes et à des démarches scientifiques.

La résolution d'un problème commence toujours par la construction de sa représentation à partir d'indices significatifs et d'éléments jugés pertinents.

Cette première représentation, parfois peu développée, pourra exiger plusieurs ajustements ultérieurs. En effet, des apprentissages nouveaux, le recours à des informations ou à des connaissances antérieures qui n'avaient pas encore été prises en compte, des échanges d'idées avec les pairs ou l'enseignant, des résultats expérimentaux imprévus, une réorganisation des informations et des connaissances donnent souvent lieu à des reformulations plus précises et plus proches du but à atteindre. La représentation initiale d'un problème peut donc être modifiée tout au long du processus. Il arrive aussi qu'une représentation juste soit élaborée dès le départ grâce à un solide bagage de connaissances spécifiques. Sur la base de la représentation du problème, des possibilités de résolution peuvent ensuite être envisagées. Après la sélection de l'une d'entre elles, un plan d'action est élaboré en

tenant compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles imposées par le milieu et, d'autre part, des ressources dont on dispose pour résoudre le problème.

Lors de la mise en œuvre du plan d'action, on prend soin de consigner toutes les observations pouvant être utiles. Lorsqu'une mesure est effectuée, l'incertitude qui lui est associée est prise en compte. De nouvelles données

peuvent exiger une reformulation de la représentation du problème, l'adaptation du plan de départ ou la recherche de pistes de solution plus appropriées.

Vient ensuite l'analyse, qui a trait notamment à l'organisation, à la classification, à la sériation, à la comparaison et à l'interprétation des résultats obtenus au cours du processus de résolution du problème. Elle consiste à repérer les tendances et les relations significatives qui les caractérisent, les relations qui s'établissent entre les résultats, entre les résultats et les données initiales ou entre les résultats et les concepts scientifiques. Cette mise en relation permet de formaliser le problème, de valider ou d'invalider l'hypothèse et de tirer une conclusion.

---

*La recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de la physique repose sur un processus dynamique et non linéaire.*

---



Au cours de l'analyse des résultats, il importe de tenir compte des incertitudes<sup>5</sup> liées aux mesures. L'interprétation de l'erreur<sup>6</sup> permet de juger de l'exactitude du résultat. S'il y a lieu, une recherche des sources probables d'erreurs peut ensuite être effectuée.

À tout moment du processus de résolution du problème, des retours réflexifs doivent être effectués pour favoriser un meilleur contrôle de l'articulation des démarches et des stratégies. Il importe que ce travail métacognitif porte également sur les ressources conceptuelles et techniques utilisées et sur leur adaptation aux exigences des différents contextes. Ce processus de résolution de problèmes, aussi rigoureux soit-il, implique une recherche et peut faire appel au tâtonnement. Il s'accompagne d'une prise de conscience et d'une réflexion sur les actions, de même que d'un questionnement visant à valider le travail en cours et à faire les ajustements nécessaires en fonction des buts fixés ou des choix effectués. Le résultat atteint soulevant parfois de nouveaux problèmes, les acquis sont toujours considérés comme provisoires et s'inscrivent dans un processus continu de recherche et d'élaboration de nouveaux savoirs.

La recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de la physique repose donc sur un processus dynamique et non linéaire. Cela exige de circuler entre les différentes phases de la résolution d'un problème et de mobiliser démarches, stratégies, techniques, principes et concepts appropriés. L'articulation de ces ressources suppose que l'on soit aussi en mesure de les adapter en tenant compte de la situation et de son contexte.

Cette compétence est indissociable des deux autres et ne saurait se développer isolément. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes relevant de la physique ne peut se faire indépendamment de l'appropriation et de la mise à profit de connaissances spécifiques. Les lois, les principes et les concepts propres à la discipline sont utilisés pour cerner un problème et pour le formuler en des termes qui le rapprochent d'une réponse ou d'une solution. Cette compétence ne peut se développer sans la maîtrise de stratégies de l'ordre de la communication. En effet, la résolution de problèmes de physique amène les élèves à participer à des échanges d'information, à interpréter, à produire et à transmettre des messages. Le processus de validation par les pairs est incontournable tout comme la compréhension et l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique.

5. L'incertitude (absolue ou relative) est une plage de valeurs associée au résultat d'un mesurage.

6. L'erreur est la différence entre les valeurs observées et la valeur conventionnellement admise.

## Compétence 1 et ses composantes

### Cerner un problème

Considérer le contexte de la situation • Se donner une représentation du problème • Identifier les données initiales • Déterminer les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts de physique • Formuler des questions, des explications ou des hypothèses

### Élaborer un plan d'action

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

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

### Concrétiser le plan d'action

Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux ressources appropriées • Procéder aux manipulations ou aux opérations requises • Recueillir des données ou toute observation pouvant être utiles • Apporter, si nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action • Mener à terme le plan d'action

### Analyser les résultats

Rechercher les tendances ou les relations significatives, si cela est pertinent • Établir des liens entre les résultats et les concepts de physique • Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • S'interroger sur sa démarche • Proposer des améliorations, si nécessaire • Tirer des conclusions

## Critères d'évaluation

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

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence chez l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport pour la science et la technologie.

## Attentes de fin de programme

À la fin de ce programme, l'élève est en mesure de mettre en œuvre un processus de résolution de problèmes pratiques relevant de la physique. Il s'approprie le problème à résoudre à partir des données initiales fournies dans la situation et les met en relation. Il dégage le but à atteindre ainsi que les conditions à respecter pour résoudre le problème. Il le reformule en faisant appel à des concepts de cette discipline. Il formule des questions, des explications ou des hypothèses vraisemblables, qu'il est en mesure de justifier.

L'élève propose une piste de résolution du problème. Il élabore son plan d'action en sélectionnant les démarches qui lui permettront d'atteindre son but. Il contrôle avec rigueur les variables importantes. Il choisit les outils conceptuels et le matériel pertinents.

Il concrétise son plan d'action en travaillant de façon sécuritaire et il l'ajuste au besoin. Il recueille des données en utilisant correctement le matériel choisi. Il tient compte de la précision des outils ou de l'équipement utilisés.

Il analyse les données recueillies et tire des conclusions ou des explications pertinentes. Lors de la présentation de ses résultats, il s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de l'incertitude qui s'y rattache. S'il y a lieu, il juge de l'exactitude de son résultat en fonction de l'écart qu'il observe avec une valeur conventionnellement admise. Il énonce, s'il y a lieu, de nouvelles hypothèses ou propose des améliorations à sa solution ou de nouvelles solutions. Il est en mesure d'expliquer les étapes de son cheminement et son utilisation des ressources. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

Tout au long du processus de résolution de problèmes, il fait preuve de rigueur et recourt aux explications qualitatives et au formalisme mathématique requis pour appuyer son raisonnement.

### Sens de la compétence

Au premier cycle du secondaire, les élèves ont appris à mettre à profit leurs connaissances scientifiques et technologiques en tentant de dégager des retombées de la science et de la technologie et de comprendre des phénomènes naturels de même que le fonctionnement de quelques objets techniques. Au cours des deux premières années du deuxième cycle, cette mise à profit se fait dans le cadre de problématiques (programmes *Science et technologie*, *Science et technologie de l'environnement* et *Science et environnement*) ou d'applications liées à des champs technologiques (programme *Applications technologiques et scientifiques*). Au cours de la cinquième année du secondaire, la mise à profit des connaissances scientifiques est orientée vers l'analyse de phénomènes ou d'applications.

Dans ce programme, les élèves sont invités à examiner, à comprendre et à expliquer des phénomènes ou des applications en faisant appel à des concepts de physique. Il importe de préciser que, dans le cas d'une application, ils ne s'intéressent ni aux aspects ni aux concepts technologiques, mais bien aux principes scientifiques sous-jacents à son fonctionnement. Une analyse technologique sommaire peut être pertinente à la condition qu'elle mette en évidence et permette de comprendre les principes scientifiques liés à l'application.

Pour développer cette compétence, les élèves doivent d'abord situer un phénomène ou une application dans son contexte. Ils en considèrent les dimensions importantes (sociale, historique, environnementale, économique, politique, éthique ou technologique). Ce sera l'occasion pour eux de réactiver certains concepts scientifiques ou technologiques construits antérieurement. Afin de se donner une première représentation du phénomène ou de l'application qu'ils examinent, ils doivent rechercher les informations utiles et déterminer les éléments qui semblent les plus pertinents, ainsi que les relations que l'on peut établir entre eux.

---

*Cette compétence implique que les élèves examinent, comprennent et expliquent des phénomènes ou des applications en faisant appel à des concepts de physique.*

---

Sous l'angle de la physique, la compréhension d'un phénomène ou d'une application exige de reconnaître des principes qui se rapportent à cette discipline. Cette reconnaissance consiste en une description qualitative et souvent quantitative de ces principes qui mènera généralement à l'exploration et à la construction des divers concepts, lois ou modèles qui les sous-tendent. On ne saurait toutefois se limiter ici à la simple maîtrise

d'un formalisme mathématique ou à l'exécution d'une recette. Il importe en effet que les élèves associent d'abord et maîtrisent ensuite les concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension des principes qui permettent d'expliquer des phénomènes ou des applications sous un angle scientifique. Les démarches empirique, d'analyse, d'observation et de modélisation constituent également des ressources dont ils peuvent

tirer profit pour comprendre des principes de physique. Comme un même principe peut intervenir dans plusieurs phénomènes ou applications, les élèves pourront aussi être appelés, si la situation le permet, à transposer l'explication proposée dans d'autres contextes.

Des retours réflexifs doivent être effectués à tout moment du processus d'explication du phénomène ou de l'application à l'étude, car ils favorisent une meilleure articulation des démarches et des stratégies mises en œuvre. De plus, il importe que ce travail métacognitif porte aussi sur l'utilisation et l'adaptation des ressources conceptuelles et des techniques aux exigences des différents contextes.

Cette compétence fait appel à des éléments de communication liés à la production, à l'interprétation et à la transmission de messages à caractère scientifique ainsi qu'à l'utilisation des langages scientifiques et technologiques.

## Compétence 2 et ses composantes

### Examiner un phénomène ou une application

Considérer les éléments du contexte • Identifier les données initiales  
• Déterminer les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Se donner une représentation du phénomène ou de l'application

### Comprendre des principes de physique liés au phénomène ou à l'application

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

## Mettre à profit ses connaissances en physique

### Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la physique

Associer au phénomène ou à l'application les principes mis en évidence • Élaborer une explication • S'interroger sur sa démarche • Transposer l'explication proposée dans d'autres contextes, s'il y a lieu

## Critères d'évaluation

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois et des modèles de la physique
- Production d'explications pertinentes
- Justification adéquate des explications

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence atteint par l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport pour la science et la technologie.

## Attentes de fin de programme

À la fin de ce programme, l'élève examine des applications ou des phénomènes courants à l'intérieur de leur contexte. Il est en mesure de les comprendre ou de les expliquer en faisant appel à des principes de physique de même qu'aux démarches, aux techniques et aux stratégies appropriées.

Lorsque l'élève analyse une situation du point de vue de la physique, il circonscrit le phénomène et en dégage les composantes scientifiques, de manière à s'en donner une première représentation qui tient compte des données initiales pertinentes.

Il émet des explications provisoires qu'il développe en prenant appui sur des concepts, des lois et des modèles de la science. Dans le cas d'une application, il peut la manipuler et la démonter au besoin afin d'en saisir les principaux sous-ensembles, de comprendre les interactions de ses constituantes et de mettre ainsi en évidence, à partir de son fonctionnement, les concepts ou principes scientifiques autour desquels elle s'articule.

L'élève produit une explication scientifique liée à un phénomène ou à une application. Il la justifie entre autres à l'aide du formalisme mathématique. Lors de la présentation de ses résultats, il s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de l'incertitude qui s'y rattache. Il est en mesure d'expliquer son cheminement ainsi que son utilisation des ressources. Il est aussi en mesure de transférer son explication à d'autres phénomènes ou applications qui font intervenir les mêmes principes de physique.

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

### Sens de la compétence

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

Dans ce programme, les élèves sont invités à communiquer sur des questions de physique à l'aide du langage approprié. Ils doivent recourir aux normes et aux conventions utilisées en science et en technologie lorsqu'ils participent à des échanges sur des questions d'ordre scientifique ou technologique ou qu'ils interprètent ou produisent des informations de cette nature. Il importe également qu'ils apprennent à respecter la propriété intellectuelle des personnes dont ils reprennent les idées ou les résultats. Une importance toute particulière doit être accordée à l'interprétation, sans négliger pour autant la participation à des échanges ou la production de messages.

Cette compétence se développe dans des situations qui sollicitent la participation des élèves à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique, qu'il s'agisse de partager le fruit d'un travail avec des pairs, de rechercher auprès d'experts des réponses à un questionnaire ou encore de contribuer à des activités telles que l'analyse ou la conception d'objets, de systèmes ou de produits, la présentation d'un projet ou la rédaction d'une fiche technique. Particulièrement utiles pour aider les élèves

à préciser leurs représentations et à valider un point de vue en le confrontant à ceux des autres, ces situations doivent aussi viser l'adoption d'une attitude d'ouverture et de réceptivité à l'égard de la diversité des connaissances, des points de vue et des approches. Une attention particulière doit être portée au fait que certains termes n'ont pas la même signification dans le langage courant et dans le langage spécifique de la science ou de la technologie. Le sens des concepts peut également différer selon le contexte disciplinaire dans lequel ils sont utilisés. La prise en compte du contexte de la situation de communication s'avère donc indispensable pour déterminer les enjeux de l'échange et adapter son comportement en conséquence.

L'interprétation, qui représente une autre composante importante de la compétence, intervient tout autant dans la lecture d'un article scientifique ou technique que dans l'écoute d'un exposé oral, dans la compréhension d'un rapport de laboratoire ou dans l'utilisation d'un cahier des charges, d'un dossier technique ou d'un plan. Toutes

ces activités exigent des élèves qu'ils saisissent le sens précis des mots, des définitions ou des énoncés et qu'ils donnent la signification exacte d'un graphique, d'un schéma ou d'un dessin de détail. Ils doivent aussi établir des liens explicites entre les concepts comme tels et leur représentation graphique ou symbolique. Lorsqu'ils s'adonnent à une activité d'écoute ou qu'ils consultent des documents, il leur faut en outre vérifier la crédibilité des sources et sélectionner les informations qui leur semblent pertinentes.

En physique, la production de messages à caractère scientifique ou technologique est également un aspect important de cette compétence puisque les situations peuvent exiger des élèves qu'ils élaborent un protocole de recherche, rédigent un rapport de laboratoire, préparent un dossier technique, résument un texte, représentent les détails d'une pièce ou fassent un exposé. La prise en compte du destinataire ou des particularités du public

---

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

---

ciblé constitue un passage obligé pour la délimitation du contexte de ces productions. Cela demande que les élèves déterminent un niveau d'élaboration accessible au public ciblé, structurent le message en conséquence et choisissent des formes et des modes de représentation appropriés à la communication. Le souci de bien utiliser les concepts, les formalismes, les symboles, les graphiques, les schémas et les dessins contribue à donner de la clarté, de la cohérence et de la rigueur au message. Dans ce type de communication, le recours aux technologies de l'information et de la communication peut s'avérer utile ou offrir un enrichissement substantiel.

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

Cette compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux autres, dont elle vient renforcer le développement. La première compétence, axée sur la résolution de problèmes relevant de la physique, fait appel à des normes et à des conventions, et ce, tant pour l'élaboration d'un protocole de recherche ou d'un scénario de réalisation que pour l'explication de lois et de principes ou la présentation de résultats expérimentaux. Tableaux, symboles, graphiques, schémas, dessins de détail ou d'ensemble, maquettes, équations mathématiques et modèles sont autant de modes de présentation qui peuvent soutenir la communication, mais qui nécessitent de respecter les règles d'usage propres à la science, à la technologie et à la mathématique.

La deuxième compétence, qui vise la mise à profit des concepts scientifiques de physique, exige un langage et un type de discours appropriés. Par exemple, les lois scientifiques, qui sont une façon de modéliser les phénomènes, s'expriment généralement par des définitions ou des formalismes mathématiques. Les comprendre, c'est pouvoir les relier aux phénomènes qu'ils ont pour objectif de représenter ou aux applications qui les concrétisent.

### **Participer à des échanges d'information à caractère scientifique ou technologique**

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

### **Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique**

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

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

### **Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique**

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

## Critères d'évaluation

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

Afin d'évaluer le niveau de développement de cette compétence chez l'élève, l'enseignant consigne un nombre suffisant de traces pertinentes à partir desquelles il fonde son jugement en s'appuyant sur l'échelle des niveaux de compétence établie par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport établie pour la science et la technologie.

À la fin de ce programme, l'élève interprète et produit, sous une forme orale, écrite ou visuelle, des messages à caractère scientifique ou technologique sur des questions de physique.

Lorsqu'il interprète un message, il a recours au langage associé à cette discipline. Selon la situation, il utilise avec rigueur tant le langage scientifique, technologique, mathématique ou symbolique que le langage courant. Il tient compte de la crédibilité de la source d'information.

Lorsque cela est nécessaire, il définit des mots, des concepts et des expressions en s'appuyant sur des sources crédibles. Parmi toute l'information consultée, il repère et utilise les éléments qu'il juge pertinents et nécessaires pour une interprétation juste du message. L'élève produit des messages structurés et clairs et les formule avec rigueur. Il respecte les conventions tout en utilisant des modes de représentation appropriés. Il choisit et utilise les outils nécessaires, dont les technologies de l'information et de la communication, qui l'aident à bien livrer son message. En tout temps, il adapte son message à ses interlocuteurs. Il est en mesure d'explicitier, en langage courant, le sens du message qu'il produit ou qu'il a interprété.

Quand la situation l'exige, l'élève confronte ses idées avec celles de ses interlocuteurs. Il défend alors ses idées, mais s'ajuste également quand les arguments d'autrui lui permettent de mieux préciser sa pensée. En tout temps, il respecte la propriété intellectuelle dans la production de son message.

## Contenu de formation : ressources à mobiliser et à construire

---

Tout comme les autres programmes de science et technologie, le programme de physique vise la consolidation et l'enrichissement de la culture scientifique et technologique des élèves. À cette intention s'ajoutent celle de former des utilisateurs de la science conscients de ses implications pour les individus, la société et l'environnement, et celle de préparer un certain nombre d'élèves à des carrières scientifiques et technologiques.

Les ressources à construire dans le cadre de ce programme s'ajoutent à celles des programmes de science et technologie antérieurs pour permettre une élaboration conceptuelle plus spécialisée dans des contextes toujours plus diversifiés associés aux univers matériel, vivant et technologique ainsi qu'à celui de la Terre et de l'espace. Les pistes de contextualisation présentées en annexe constituent des lieux d'intégration privilégiés pour le développement des compétences et la construction des ressources ciblées.

Les ressources sont présentées ici en deux parties. La première est consacrée aux concepts prescrits et la seconde, aux démarches, aux stratégies et aux attitudes à acquérir ainsi qu'aux techniques prescrites. Les démarches correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en science. Les stratégies sont mises en œuvre en vue de l'articulation des démarches. Les attitudes, qu'elles soient liées au savoir ou au savoir-agir, engagent et responsabilisent les élèves. Enfin, les techniques renvoient à des procédés méthodiques fréquemment utilisés en science. Leur rôle dans le développement des compétences s'avère fondamental.

Il est à noter que, dans ce programme, le niveau attendu pour ce qui est de l'élaboration des concepts et du développement des compétences exige le recours à divers concepts de la mathématique, notamment l'algèbre, la trigonométrie, la géométrie et la géométrie analytique, y compris les vecteurs. Ces concepts sont abordés dans les programmes de mathématique des années antérieures ou dans chacune des séquences mathématiques, à l'exception des vecteurs, qui ne sont pas présents dans la séquence *Culture, société et technique*.

### Concepts prescrits<sup>7</sup>

Les concepts prescrits sont regroupés autour de concepts généraux se rapportant à la cinématique, à la dynamique, à la transformation de l'énergie et à l'optique géométrique. Ils sont présentés dans un tableau à deux colonnes. Dans la première colonne figurent les concepts généraux ainsi que les orientations qui précisent et contextualisent les assises conceptuelles, tout en laissant une certaine latitude à l'enseignant. À l'occasion, des notes fournissent des précisions supplémentaires sur la portée des concepts et les limites à donner à leur étude. La deuxième colonne présente une liste non limitative des concepts prescrits. Il est en effet souhaitable que la richesse des situations d'apprentissage et d'évaluation permette de dépasser les exigences minimales.

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

---

7. L'annexe C présente un tableau synthèse de l'ensemble des concepts prescrits de l'univers matériel, de la première à la cinquième année du secondaire.



Orientations	Concepts prescrits
<p><b>Cinématique</b></p> <p>Partout, autour de nous et en nous, les choses vibrent et bougent les unes par rapport aux autres. Il n'existe pas de système de référence absolu pour décrire le mouvement. Celui-ci est relatif à un système de référence choisi.</p> <p>Le mouvement des objets est en général le résultat d'une combinaison de divers types de mouvements. Le mouvement rectiligne uniforme et le mouvement rectiligne uniformément accéléré (cas d'un corps sur un plan incliné ou en chute libre) font l'objet d'une étude approfondie faisant intervenir un ensemble de concepts (position, déplacement, distance parcourue, temps, vitesse, variation de vitesse, accélération) qu'il importe de distinguer et de mettre en relation.</p> <p>Les équations et les graphiques (position, vitesse et accélération en fonction du temps) construits à partir de données constituent des modes de représentation incontournables. Ils décrivent tous deux les relations entre des variables et mettent ainsi en évidence les tendances des changements étudiés. Des liens sont établis entre les équations du mouvement et leur représentation graphique. De plus, à partir de l'interprétation d'un seul graphique, les deux autres doivent pouvoir être déduits.</p> <p>Les changements de position, les vitesses et les accélérations sont considérés comme des grandeurs vectorielles et les opérations sur celles-ci doivent être maîtrisées.</p> <p>Les mouvements complexes, comme celui des projectiles, sont décomposés en d'autres mouvements plus simples.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Système de référence</li> <li>– Mouvement rectiligne uniforme <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps</li> <li>• Déplacement et distance parcourue</li> </ul> </li> <li>– Mouvement rectiligne uniformément accéléré <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relation entre l'accélération, la variation de la vitesse et le temps</li> <li>• Relation entre l'accélération, la distance parcourue et le temps</li> <li>• Vitesse moyenne et vitesse instantanée</li> <li>• Mouvement d'un corps sur un plan incliné</li> <li>• Chute libre</li> </ul> </li> <li>– Mouvement des projectiles</li> </ul>
<p><b>Dynamique</b></p> <p>La dynamique s'intéresse aux causes de la variation du mouvement. Ce programme se limite au cas des forces qui agissent sur des corps dont les trajectoires sont rectilignes. Les lois de Newton permettent de décrire l'effet des forces qui s'exercent sur un corps (force de frottement, force gravitationnelle, force centripète). Les systèmes mécaniques, qu'ils soient en équilibre ou non, sont abordés par la construction d'un diagramme de corps libre, c'est-à-dire une représentation vectorielle des forces auxquelles ils sont soumis. Diverses méthodes peuvent être utilisées pour déterminer les caractéristiques des vecteurs résultant et équilibrant relatifs au système de forces considéré.</p> <p>Dans le cas des corps en chute libre, on portera une attention particulière à la force gravitationnelle, laquelle conduit au concept d'accélération gravitationnelle.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lois de Newton</li> <li>– Diagramme de corps libre</li> <li>– Équilibre et résultante de plusieurs forces</li> <li>– Force de frottement</li> <li>– Force gravitationnelle</li> <li>– Force centripète</li> <li>– Accélération gravitationnelle</li> </ul>
<p><b>Transformation de l'énergie</b></p> <p>Les concepts relatifs à la transformation de l'énergie mécanique vus antérieurement ont été traités dans un contexte environnemental. Dans ce programme, ils peuvent être réinvestis dans d'autres contextes.</p> <p>Que ce soit par l'étude d'une application comprenant un ressort, un machine simple ou encore un système complexe, la transformation de l'énergie est principalement étudiée sous l'angle des énergies cinétique et potentielle. C'est donc dans cette perspective que sont abordés les concepts de travail, de puissance, d'énergie, d'élasticité et de chaleur.</p> <p><b>Note :</b> La loi de Hooke se limite à l'étude des ressorts hélicoïdaux.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Relation entre la puissance, le travail et le temps</li> <li>– Énergie mécanique</li> <li>– Loi de Hooke</li> </ul>

Orientations	Concepts prescrits
<p><b>Optique géométrique</b></p> <p>Au début du deuxième cycle, des notions relatives à la déviation de la lumière ont été abordées. Dans ce programme, l'accent est mis sur l'optique géométrique. Celle-ci s'intéresse aux phénomènes qui concernent la trajectoire de la lumière, en particulier les déviations qu'elle subit en présence d'obstacles tels que la surface de l'eau, les miroirs ou les gouttes de rosée et les lentilles. Elle s'appuie sur le concept de rayon lumineux, une construction théorique indiquant la direction de la propagation de la lumière. Ces rayons sont considérés comme droits lorsqu'ils traversent des milieux transparents et homogènes.</p> <p>Les lois énoncées par Snell et Descartes permettent de prédire qualitativement et quantitativement les phénomènes de réflexion et de réfraction observés lorsqu'un ensemble de rayons lumineux (faisceau incident) atteint la surface de séparation de deux milieux différents. Dans certains cas, la réflexion du faisceau incident peut être totale et aucune lumière n'est alors réfractée. De plus, l'une de ces lois permet de calculer l'indice de réfraction de chaque milieu transparent traversé par la lumière.</p> <p>La réflexion et la réfraction se produisent dans divers phénomènes et sont à la base d'applications courantes. L'utilisation de lentilles minces (convergentes, divergentes) et de miroirs (plans, sphériques) permet d'observer les objets microscopiques ou lointains ou encore de corriger certains défauts de vision. Ce sera l'occasion de distinguer les images réelles des images virtuelles et d'étudier la relation qui permet de calculer et de prévoir la position et la grandeur de l'image en fonction de celles de l'objet.</p> <p><b>Note :</b> Le grossissement ne sera pas considéré.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lois de Snell-Descartes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réflexion <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayon incident et réfléchi</li> <li>- Angle d'incidence et de réflexion</li> </ul> </li> <li>• Réfraction <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayon incident et réfracté</li> <li>- Angle d'incidence et de réfraction</li> <li>- Indice de réfraction</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>– Images <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type d'image (réelle, virtuelle)</li> <li>• Caractéristiques de l'image (grandissement, position)</li> </ul> </li> </ul>

Repères culturels possibles		
Histoire	Ressources du milieu	Événement
Archimède Sofia Brahe René Descartes Galileo Galilei Robert Hooke James Joule Isaac Newton Willebrord Snell James Watt	Agence spatiale canadienne (ASC) Association canadienne des physiciens et physiciennes (ACP) Association francophone pour le savoir (ACFAS) Conseil de développement du loisir scientifique (CDLS) Conseil national de recherches Canada (CNRC) Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ)	Défis d'ingénierie Expositions scientifiques Prix Nobel de physique

## Démarches, stratégies, attitudes et techniques

Cette section porte sur les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées par le programme. Bien que distincts des concepts, ces éléments contribuent tout autant au développement des compétences. Ils s'inscrivent dans une perspective de consolidation des éléments abordés au cours des deux premières années du deuxième cycle.

### Démarches

Les démarches méritent une attention particulière. Elles ne doivent pas être mises en œuvre isolément, mais dans des situations d'apprentissage et d'évaluation qui font appel à plusieurs d'entre elles. L'utilisation cohérente des démarches et leur articulation constituent une manifestation de compétence.

Cinq démarches sont présentées ici : les démarches de modélisation, d'observation et d'analyse ainsi que les démarches expérimentale et empirique.

#### *Démarche de modélisation*

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

#### *Démarche d'observation*

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

#### *Démarche d'analyse*

L'analyse d'un phénomène, d'un objet ou d'un système vise à reconnaître les éléments qui les déterminent ou les composent ainsi que les interactions entre ces éléments. Elle permet d'en identifier les composantes structurales et fonctionnelles, qui peuvent être analysées à leur tour, et de déterminer leurs liens hiérarchiques ou leurs liens d'interdépendance. Dans certains cas, cette démarche amène à tirer profit d'une connaissance plus globale du système pour déterminer la fonction des parties et les relations qu'elles entretiennent. Elle permet alors de mettre à jour la dynamique d'un système complexe et d'examiner son comportement dans la durée. Cet aspect de la démarche d'analyse se révélera particulièrement fécond dans l'étude de phénomènes ou d'applications.

### *Démarche expérimentale*

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

### *Démarche empirique*

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

## Stratégies

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

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

## Attitudes

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

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

## Techniques

Souvent incontournables, les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en pratique de connaissances théoriques. Les techniques énumérées ci-dessous sont prescrites, au même titre que les concepts.

### Techniques liées aux manipulations

- Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire ou d'atelier
- Utilisation d'instruments d'observation

### Techniques liées aux mesures

- Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure (étalonnage, ajustage)
- Utilisation d'instruments de mesure
- Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, incertitudes liées aux mesures, erreurs)

**Note** : Lors d'opérations mathématiques sur les mesures, le calcul d'incertitude n'est pas exigé.

## ANNEXE A – CONTEXTUALISATION DES APPRENTISSAGES

Cette annexe présente, pour chacun des concepts généraux du programme de physique, un rappel des concepts prescrits qui s’y rapportent, diverses pistes de contextualisation ainsi que les concepts abordés dans les programmes de science et technologie antérieurs. Ceux-ci peuvent contribuer à l’appropriation des concepts qui sont prescrits dans ce programme. Les pistes de contextualisation proposées évoquent des phénomènes et des applications susceptibles de réactiver des acquis. Véritables points de convergence, ces pistes visent à favoriser le développement des trois compétences disciplinaires et l’élaboration des concepts ciblés. Proposées à titre indicatif afin de soutenir l’intervention pédagogique, elles offrent la possibilité d’intégrer des connaissances scientifiques, technologiques et mathématiques. D’autres contextes peuvent également être porteurs de sens et il revient aux enseignants de privilégier ceux qui sont les plus susceptibles de servir les intérêts des élèves.



## Contextualisation des concepts généraux de physique et liens avec les concepts abordés antérieurement

Cinématique				
<b>Concepts prescrits</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Système de référence</li> <li>– Mouvement rectiligne uniforme                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps</li> <li>• Déplacement et distance parcourue</li> </ul> </li> <li>– Mouvement rectiligne uniformément accéléré                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relation entre l'accélération, la variation de la vitesse et le temps</li> <li>• Relation entre l'accélération, la distance parcourue et le temps</li> <li>• Vitesse moyenne et vitesse instantanée</li> <li>• Mouvement d'un corps sur un plan incliné</li> </ul> </li> <li>– Chute libre</li> <li>– Mouvement des projectiles</li> </ul>			
<b>Pistes de contextualisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sécurité routière</li> <li>– Vitesse de propagation des ondes</li> <li>– Vitesse des fluides</li> <li>– Mouvement dans les systèmes sanguin et lymphatique</li> <li>– Mouvement des organismes vivants</li> <li>– Projectiles (ballon, balistique, expérience de Millikan, fusée, etc.)</li> <li>– Appareil d'entraînement sportif</li> <li>– Distances à l'échelle microscopique et astronomique</li> <li>– Instruments de mesure (chronomètre, cinémomètre radar, GPS, théodolite, etc.)</li> <li>– Moyens de locomotion (automobile, train, luge, bicyclette, etc.)</li> <li>– Ascenseur, téléphérique</li> <li>– Tapis roulant, convoyeur</li> <li>– Chaîne cinématique de machines</li> </ul>			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
<b>Concepts abordés antérieurement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Force</li> <li>– Types de forces</li> <li>– Équilibre de deux forces</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Adaptations physiques et comportementales</li> <li>– Types d'articulations</li> <li>– Système circulatoire</li> <li>– Système lymphatique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Situation de la Terre dans l'univers</li> <li>– Lumière (propriétés)</li> <li>– Système solaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fonction de guidage</li> <li>– Types de mouvement</li> <li>– Systèmes de transmission du mouvement</li> <li>– Systèmes de transformation du mouvement</li> <li>– Changements de vitesse</li> <li>– Machines et outillage</li> </ul>

## Contextualisation des concepts généraux de physique et liens avec les concepts abordés antérieurement (Suite)

Dynamique				
<b>Concepts prescrits</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lois de Newton</li> <li>– Diagramme de corps libre</li> <li>– Équilibre et résultante de plusieurs forces</li> <li>– Force de frottement</li> <li>– Force gravitationnelle</li> <li>– Force centripète</li> <li>– Accélération gravitationnelle</li> </ul>			
<b>Pistes de contextualisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Parachutisme</li> <li>– Contraction des muscles</li> <li>– Balance et pèse-personne</li> <li>– Aérodynamisme</li> <li>– Optimisation des performances sportives</li> <li>– Biomécanique</li> <li>– Tectonique des plaques</li> <li>– Apesanteur</li> <li>– Satellite géostationnaire</li> <li>– Structures (tour, pont, etc.)</li> <li>– Poulie et système de poulies</li> <li>– Système de freinage</li> <li>– Objet du quotidien</li> <li>– Cric mécanique, pince de désincarcération, casse-noix</li> </ul>			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
<b>Concepts abordés antérieurement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Types de forces</li> <li>– Équilibre de deux forces</li> <li>– Distinction entre la masse et le poids</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Adaptations physiques et comportementales</li> <li>– Fonctions des os, des articulations et des muscles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Structure interne de la Terre</li> <li>– Gravitation universelle</li> <li>– Manifestations naturelles de l'énergie</li> <li>– Système Terre-Lune</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Liaisons des pièces mécaniques</li> <li>– Fonction de guidage</li> <li>– Degrés de liberté d'une pièce</li> <li>– Adhérence et frottement entre les pièces</li> <li>– Matériaux et contraintes</li> <li>– Machines simples</li> <li>– Effets d'une force</li> </ul>

## Contextualisation des concepts généraux de physique et liens avec les concepts abordés antérieurement (*Suite*)

Transformation de l'énergie				
<b>Concepts prescrits</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Relation entre la puissance, le travail et le temps</li> <li>– Énergie mécanique</li> <li>– Loi de Hooke</li> </ul>			
<b>Pistes de contextualisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Éolienne</li> <li>– Montagne russe et manège</li> <li>– Saut à l'élastique (<i>bungee</i>)</li> <li>– Appareil d'entraînement sportif</li> <li>– Haltérophilie</li> <li>– Trampoline</li> <li>– Biocarburant</li> <li>– Centrales hydro-électrique et marémotrice</li> <li>– Roue à aube</li> <li>– Marteau-pilon</li> <li>– Amortisseur</li> <li>– Pendule</li> <li>– Catapulte ou trébuchet</li> </ul>			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
<b>Concepts abordés antérieurement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Loi de la conservation de l'énergie</li> <li>– Relation entre le travail, la force et le déplacement</li> <li>– Force efficace</li> <li>– Relation entre le travail et l'énergie</li> <li>– Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement</li> <li>– Masse et poids</li> <li>– Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Intrants et extrants</li> <li>– Valeur énergétique des aliments</li> <li>– Dynamique des écosystèmes</li> <li>– Empreinte écologique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Manifestations naturelles de l'énergie</li> <li>– Flux d'énergie émis par le Soleil</li> <li>– Système Terre-Lune (effet gravitationnel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Machines simples</li> <li>– Systèmes de transmission du mouvement</li> <li>– Systèmes de transformation du mouvement</li> </ul>

## Contextualisation des concepts généraux de physique et liens avec les concepts abordés antérieurement (*Suite*)

Optique géométrique				
<b>Concepts prescrits</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lois de Snell-Descartes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réflexion                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayon incident et réfléchi</li> <li>- Angle d'incidence et de réflexion</li> </ul> </li> <li>• Réfraction                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayon incident et réfracté</li> <li>- Angle d'incidence et de réfraction</li> <li>- Indice de réfraction</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>– Images                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type d'image (réelle, virtuelle)</li> <li>• Caractéristiques de l'image (agrandissement, position)</li> </ul> </li> </ul>			
<b>Pistes de contextualisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Optométrie</li> <li>– Photographie</li> <li>– Illusion d'optique</li> <li>– Prestidigitation</li> <li>– Rétroviseur</li> <li>– Vision dans l'air et dans l'eau</li> <li>– Phénomènes lumineux (halos, mirages, arcs-en-ciel, etc.)</li> <li>– Instruments d'observation (microscope, télescope, lunette astronomique, etc.)</li> <li>– Albédo</li> <li>– Fibre optique</li> <li>– Capteur optique</li> </ul>			
	Univers matériel	Univers vivant	Terre et espace	Univers technologique
<b>Concepts abordés antérieurement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Déviation des ondes lumineuses</li> <li>– Foyer d'une lentille</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Constituants cellulaires visibles au microscope</li> <li>– Récepteurs sensoriels (œil)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Effet de serre</li> <li>– Couches de l'atmosphère</li> <li>– Saisons</li> <li>– Phases de la Lune</li> <li>– Système solaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Standards et représentations (schémas et symboles)</li> </ul>

## ANNEXE B – EXEMPLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE ET D'ÉVALUATION

### Le train

#### 1. Intention pédagogique

Cette activité vise le développement de la compétence disciplinaire 1 – *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique* – par la résolution d'un problème de nature expérimentale.

#### 2. Durée approximative

Le déroulement des activités nécessite cinq périodes de 75 minutes.

#### 3. Domaine général de formation touché et axe de développement

##### Médias

– Appropriation des modalités de production de documents médiatiques

La simulation de la chute d'un train demande une adaptation de la vitesse de défilement des images qui exige l'utilisation stratégique de diverses technologies de l'information.

#### 4. Description de l'activité

##### Amorce

Pour les besoins d'un film, un train doit s'engager sur un pont, dérailler et tomber dans une rivière. Le budget prévu ne permet cependant pas d'organiser cet « accident » et le réalisateur décide de simuler la chute à l'aide d'un train miniature qui circulera sur un pont créé dans un décor de studio. D'après les plans des concepteurs, le train ne tombera en réalité que d'une hauteur de 1 m. Pour le cinéaste, le défi consiste donc à imaginer comment filmer cette chute pour qu'à la projection, l'effet produit donne l'impression qu'il s'agit d'un vrai train qui déraile et tombe d'une hauteur de 125 m.

En vous appuyant sur vos connaissances et vos expériences en cinématique, vous devrez reproduire le mouvement de la chute du train avec une bille. Le montage expérimental qu'il vous appartient de réaliser et les données recueillies doivent permettre d'étudier le mouvement de la bille pendant sa chute. Une vitesse de tournage pour la scène doit être proposée.

##### Activité proposée

L'analyse du mouvement d'un projectile doit conduire à la mise en évidence de l'indépendance des deux composantes de ce mouvement, soit le mouvement rectiligne uniforme et le mouvement rectiligne uniformément accéléré.

Les élèves réalisent un montage expérimental qui permet de lancer une bille à une vitesse initiale horizontale, d'observer, d'étudier et de formaliser son mouvement. Il est suggéré d'utiliser un stroboscope électronique, un appareil photo et un tableau quadrillé comme toile de fond.

#### 5. Production attendue

Les élèves doivent produire un document faisant état de la résolution du problème, y compris :

- l'explication de la compréhension initiale du problème et l'identification des éléments qui ont fait avancer la représentation;
- la planification;
- la photo avec les mesures prises et les calculs effectués pour déterminer la distance réelle parcourue selon les deux dimensions;
- les graphiques de la distance et de la vitesse en fonction du temps;
- les calculs et stratégies nécessaires à la simulation (vitesse de tournage par rapport à la vitesse de projection).

## 6. Compétence disciplinaire ciblée

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

- Cerner un problème
  - Représentation initiale du problème (identification de la trajectoire du train, de la force qui s'exerce [faire abstraction de la force de frottement] et du type de mouvement induit)
  - Identification des données initiales (hauteur réelle et simulée de la chute)
  - Reformulation du problème en faisant appel à des concepts scientifiques (détermination de la vitesse de tournage d'un corps en chute libre)
- Élaborer un plan d'action
  - Sélection d'une piste de résolution du problème
  - Identification des ressources nécessaires (caméra, stroboscope, concepts de cinématique, etc.)
  - Détermination des étapes du plan d'action
- Concrétiser le plan d'action
  - Exécution des manipulations et des opérations requises (prise de la photo)
  - Collecte des données et autres observations pouvant être utiles (mesures à partir de la photo)
- Analyser les résultats
  - Établissement des liens entre les résultats et les concepts scientifiques (analyse de la photo, calcul de la vitesse et de l'accélération)
  - Jugement quant à la pertinence de la solution ou de la réponse proposée (analyse des résultats expérimentaux, détermination de la vitesse de tournage)

## 7. Compétences transversales ciblées

Résoudre des problèmes; Exploiter l'information; Se donner des méthodes de travail efficaces; Communiquer de façon appropriée

## 8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)\*

### Concepts prescrits

#### Concepts prescrits de l'année en cours

- Mouvement rectiligne uniforme
  - Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps
  - Déplacement et distance parcourue
- Mouvement rectiligne uniformément accéléré
  - Relation entre l'accélération, la distance parcourue et le temps
- Mouvement d'un projectile

#### Concept abordé antérieurement

- Masse et poids

### Démarches

- Démarche de modélisation, démarche d'analyse et démarche expérimentale

## 9. Critères d'évaluation

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

\* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.

## Le manège physique

### 1. Intention pédagogique

Cette activité vise à développer la compétence disciplinaire 2 – *Mettre à profit ses connaissances en physique* – à partir de l'étude d'une application et des principes scientifiques qui lui sont sous-jacents. Une partie de la compétence 3 – *Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie* – est également développée.

### 2. Durée approximative

Le déroulement de l'activité nécessite trois périodes de 75 minutes (excluant la recherche documentaire pouvant être nécessaire).

### 3. Domaine général de formation touché et axe de développement

#### *Orientation et entrepreneuriat*

– Connaissance de monde du travail, des rôles sociaux, des métiers et des professions

À partir d'une application, comme les montagnes russes, la mise en évidence de principes scientifiques servant à réaliser des fonctions techniques donne l'occasion de relever des défis stimulants et de s'intéresser à des professions et à des métiers en rapport avec les disciplines scolaires ou avec son milieu immédiat.

### 4. Description de l'activité

#### *Amorce*

Véritables attractions, les montagnes russes comptent de plus en plus d'adeptes en quête de sensations fortes. Trajets sinueux, virages, dénivelés prononcés, si la structure des montagnes russes impressionne, leur fonctionnement constitue une énigme pour plusieurs. Gravité, mouvement, vitesse, qu'en est-il exactement?

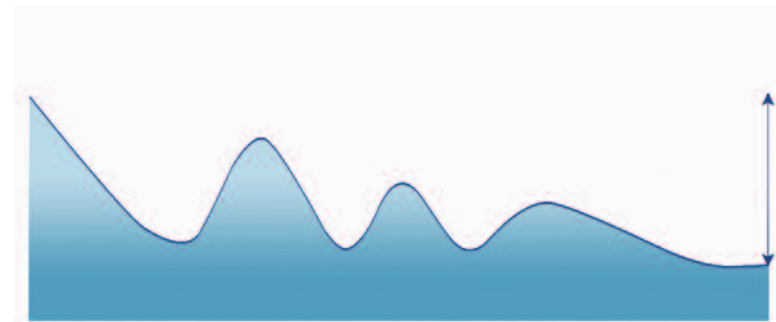
Il vous appartient d'apporter des explications à ce sujet et de dégager certaines particularités en vous appuyant sur des lois, des concepts et des principes liés à la physique mécanique. Pour ce faire, vous examinerez les caractéristiques (dessins ou données) de trois circuits différents de montagnes russes.

En analysant les tracés linéaires et les données relatives aux montagnes russes sélectionnées, vous devez identifier des relations entre la vitesse maximale atteinte par les trains, la hauteur du dénivelé, la longueur totale des rails et les forces de frottement. Vous pouvez également analyser quelques aspects spécifiques de certains manèges, par exemple la vitesse minimale nécessaire à un train pour franchir une boucle qui tourne à l'envers.

#### *Activité proposée*

Les élèves analysent différents types de montagnes russes à l'aide de schémas de principes ou de données descriptives<sup>8</sup>.

Exemple : *Apollo's Chariot* (Virginie, États-Unis)



Longueur totale (rails) :	1488 m
Dénivelé :	51,8 m
Vitesse maximale :	117,5 km/h
Durée totale :	135 s

Il s'agit donc de se servir de ses connaissances en physique mécanique pour comprendre le fonctionnement global des montagnes russes.

8. Ces données peuvent facilement être trouvées sur divers sites Internet portant sur les montagnes russes qu'on trouve à travers le monde.

## 5. Production attendue

Les élèves doivent produire un journal de bord qui présente :

- les caractéristiques de trois montagnes russes;
- une explication quantitative des lois physiques qui régissent le déplacement des trains sur les rails;
- une explication des différences entre les résultats théoriques et les données réelles.

## 6. Compétences disciplinaires ciblées

**Compétence 2** – *Mettre à profit ses connaissances en physique*

- Examiner un phénomène ou une application
  - Analyse de données pertinentes décrivant les trajets des montagnes russes choisies
- Comprendre des principes de physique liés au phénomène ou à l'application
  - Prise en compte et étude de concepts ou de principes liés à la transformation de l'énergie, à la cinématique et à la dynamique
- Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la physique
  - Recours à des concepts inhérents, entre autres, à l'énergie mécanique pour mener un raisonnement et procéder à des calculs
  - Mise en relation des résultats théoriques et des données réelles pour mettre en évidence le rôle joué par le frottement

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

- Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique
  - Lecture et compréhension de l'information (schémas, spécifications, etc.) présentée dans divers documents

– Produire et transmettre des messages à caractère scientifique ou technologique

- Production d'un journal de bord présentant des explications, des opérations, etc.

## 7. Compétences transversales ciblées

*Exploiter l'information; Communiquer de façon appropriée*

## 8. Ressources (prévues dans le contenu de formation)\*

*Concepts prescrits*

### Concepts prescrits de l'année en cours

- Vitesse moyenne et vitesse instantanée
- Force de frottement
- Force centripète
- Diagramme de corps libre
- Équilibre et résultante de plusieurs forces
- Transformation de l'énergie
  - Énergie mécanique

### Concepts abordés antérieurement

- Loi de la conservation de l'énergie
- Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
- Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
- Relation entre le travail et l'énergie
- Relation entre le travail, la force et le déplacement
- Masse et poids

*Démarches*

- Démarche d'observation et démarche d'analyse

\* D'autres ressources présentées dans le contenu de formation peuvent être prises en considération : stratégies, attitudes, techniques, etc.



## 9. Critères d'évaluation

### Compétence 2

- Formulation d'un questionnement approprié
- Utilisation pertinente des concepts, des lois et des modèles de la physique
- Production d'explications pertinentes
- Justification adéquate des explications

### Compétence 3

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

## ANNEXE C – RÉPARTITION DES CONCEPTS PRESCRITS DE L'UNIVERS MATÉRIEL DU PREMIER ET DU DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE<sup>9</sup>

### Parcours de formation générale

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> secondaire	3 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	5 <sup>e</sup> secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Physique
<b>Propriétés</b> – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité/basicité	<b>Propriétés de la matière</b> – Propriétés caractéristiques physiques <ul style="list-style-type: none"> <li>• Point de fusion</li> <li>• Point d'ébullition</li> <li>• Masse volumique</li> <li>• Solubilité</li> </ul> – Propriétés caractéristiques chimiques <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaction à des indicateurs</li> </ul> – Propriétés des solutions <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentration (% , g/L)</li> <li>• Soluté</li> <li>• Solvant</li> </ul>	<b>Propriétés physiques des solutions</b> – Concentration (ppm) – Électrolytes – Échelle pH – Dissociation électrolytique – Ions – Conductibilité électrique	<b>Propriétés physiques des solutions</b> – Concentration (ppm, mole/L) – Force des électrolytes	<b>Cinématique</b> – Système de référence – Mouvement rectiligne uniforme <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps</li> <li>• Déplacement et distance parcourue</li> </ul> – Mouvement rectiligne uniformément accéléré <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relation entre l'accélération, la variation de la vitesse et le temps</li> <li>• Relation entre l'accélération, la distance parcourue et le temps</li> <li>• Vitesse moyenne et vitesse instantanée</li> <li>• Mouvement d'un corps sur un plan incliné</li> <li>• Chute libre</li> </ul> – Mouvement des projectiles

9. Pour obtenir la répartition complète des concepts prescrits des quatre univers du premier et du deuxième cycle du secondaire en ce qui concerne le parcours de formation générale, se référer à l'annexe D du programme *Science et technologie de l'environnement*. Pour le parcours de formation générale appliquée, cette même répartition se trouve à l'annexe D du programme *Science et environnement*.

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> secondaire	3 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	5 <sup>e</sup> secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Physique
<b>Transformations</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Changement physique</li> <li>– Changement chimique</li> <li>– Conservation de la matière</li> <li>– Mélanges</li> <li>– Solutions</li> <li>– Séparation des mélanges</li> </ul>	<b>Transformations de la matière</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Transformations physiques <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dissolution</li> <li>• Dilution</li> <li>• Changement de phase</li> </ul> </li> <li>– Transformations chimiques <ul style="list-style-type: none"> <li>• Décomposition et synthèse</li> <li>• Oxydation</li> <li>• Précipitation</li> </ul> </li> <li>– Formes d'énergie (chimique, thermique, mécanique, rayonnante)</li> <li>– Modèle particulaire</li> </ul>	<b>Transformations chimiques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Combustion</li> <li>– Photosynthèse et respiration</li> <li>– Réaction de neutralisation acidobasique</li> <li>– Balancement d'équations chimiques</li> <li>– Loi de conservation de la masse</li> </ul>	<b>Transformations chimiques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Formation des sels</li> <li>– Stœchiométrie</li> <li>– Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> <li>• Covalente</li> <li>• Ionique</li> </ul> </li> <li>– Réactions endothermique et exothermique</li> </ul>	<b>Dynamique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lois de Newton</li> <li>– Diagramme de corps libre</li> <li>– Équilibre et résultante de plusieurs forces</li> <li>– Force de frottement</li> <li>– Force gravitationnelle</li> <li>– Force centripète</li> <li>– Accélération gravitationnelle</li> </ul>
			<b>Transformations nucléaires</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Stabilité nucléaire</li> <li>– Radioactivité</li> <li>– Fission et fusion</li> </ul>	
<b>Organisation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Atome</li> <li>– Élément</li> <li>– Tableau périodique</li> <li>– Molécule</li> </ul>	<b>Organisation de la matière</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Substance pure (composé, élément)</li> <li>– Mélanges homogènes et hétérogènes</li> </ul>	<b>Organisation de la matière</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Modèle atomique de Rutherford-Bohr</li> <li>– Notation de Lewis</li> <li>– Familles et périodes du tableau périodique</li> </ul>	<b>Organisation de la matière</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Neutron</li> <li>– Modèle atomique simplifié</li> <li>– Règles de nomenclature et d'écriture</li> <li>– Ions polyatomiques</li> <li>– Notion de mole</li> <li>– Nombre d'Avogadro</li> </ul>	
			<b>Classification périodique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Masse atomique relative</li> <li>– Numéro atomique</li> <li>– Périodicité des propriétés</li> <li>– Isotopes</li> </ul>	

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> secondaire	3 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	5 <sup>e</sup> secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Physique
	<b>Fluides</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fluide compressible et incompressible</li> <li>– Pression</li> <li>– Relation entre pression et volume</li> </ul>	<b>Électricité et électromagnétisme</b> <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Charge électrique</li> <li>– Électricité statique</li> <li>– Loi d'Ohm</li> <li>– Circuits électriques</li> <li>– Relation entre la puissance et l'énergie électrique</li> </ul> <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Forces d'attraction et de répulsion</li> <li>– Champ magnétique d'un fil parcouru par un courant électrique</li> </ul>	<b>Électricité et électromagnétisme</b> <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lois de Kirchhoff</li> <li>– Champ électrique</li> <li>– Loi de Coulomb</li> </ul> <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Champ magnétique d'un solénoïde</li> </ul>	
		<b>Transformations de l'énergie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Loi de la conservation de l'énergie</li> <li>– Rendement énergétique</li> <li>– Distinction entre la chaleur et la température</li> </ul>	<b>Transformations de l'énergie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Capacité thermique massique</li> <li>– Relation entre le travail, la force et le déplacement</li> <li>– Force efficace</li> <li>– Relation entre le travail et l'énergie</li> <li>– Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement</li> <li>– Masse et poids</li> <li>– Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse</li> </ul>	<b>Transformation de l'énergie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Relation entre la puissance, le travail et le temps</li> <li>– Énergie mécanique</li> <li>– Loi de Hooke</li> </ul>

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> secondaire	3 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	5 <sup>e</sup> secondaire
Science et technologie	Science et technologie		Science et technologie de l'environnement	Physique
	<p><b>Ondes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fréquence</li> <li>– Longueur d'onde</li> <li>– Amplitude</li> <li>– Échelle des décibels</li> <li>– Spectre électromagnétique</li> <li>– Déviation des ondes lumineuses</li> <li>– Foyer d'une lentille</li> </ul>			<p><b>Optique géométrique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lois de Snell-Descartes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réflexion <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayon incident et réfléchi</li> <li>- Angle d'incidence et de réflexion</li> </ul> </li> <li>• Réfraction <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayon incident et réfracté</li> <li>- Angle d'incidence et de réfraction</li> <li>- Indice de réfraction</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>– Images <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type d'image (réelle, virtuelle)</li> <li>• Caractéristiques de l'image (grandissement, position)</li> </ul> </li> </ul>

## Parcours de formation générale appliquée

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> secondaire	3 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	5 <sup>e</sup> secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Physique
<b>Propriétés</b> – Propriétés caractéristiques – Masse – Volume – Température – États de la matière – Acidité/basicité	<b>Propriétés de la matière</b> – Propriétés caractéristiques physiques <ul style="list-style-type: none"> <li>• Point de fusion</li> <li>• Point d'ébullition</li> <li>• Masse volumique</li> </ul> – Propriétés caractéristiques chimiques <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaction à des indicateurs</li> </ul> – Propriétés des solutions		<b>Propriétés physiques des solutions</b> – Solubilité – Concentration (g/L, ppm, %, mole/L) – Électrolytes – Échelle pH – Ions – Conductibilité électrique	<b>Cinématique</b> – Système de référence – Mouvement rectiligne uniforme <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps</li> <li>• Déplacement et distance parcourue</li> </ul> – Mouvement rectiligne uniformément accéléré <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relation entre l'accélération, la variation de la vitesse et le temps</li> <li>• Relation entre l'accélération, la distance parcourue et le temps</li> <li>• Vitesse moyenne et vitesse instantanée</li> <li>• Mouvement d'un corps sur un plan incliné</li> <li>• Chute libre</li> </ul> – Mouvement des projectiles

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> secondaire	3 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	5 <sup>e</sup> secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Physique
<b>Transformations</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Changement physique</li> <li>– Changement chimique</li> <li>– Conservation de la matière</li> <li>– Mélanges</li> <li>– Solutions</li> <li>– Séparation des mélanges</li> </ul>	<b>Transformations de la matière</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Transformations physiques</li> <li>– Transformations chimiques</li> <li>– Formes d'énergie</li> <li>– Modèle particulaire</li> </ul>	<b>Transformations chimiques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Combustion</li> <li>– Oxydation</li> </ul>	<b>Transformations chimiques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Précipitation</li> <li>– Décomposition et synthèse</li> <li>– Photosynthèse et respiration</li> <li>– Réaction de neutralisation acidobasique</li> <li>– Sels</li> <li>– Balancement d'équations chimiques</li> <li>– Loi de conservation de la masse</li> <li>– Stœchiométrie</li> <li>– Nature de la liaison <ul style="list-style-type: none"> <li>• Covalente</li> <li>• Ionique</li> </ul> </li> <li>– Réactions endothermique et exothermique</li> </ul> <b>Transformations physiques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dissolution</li> <li>– Dilution</li> </ul>	<b>Dynamique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lois de Newton</li> <li>– Diagramme de corps libre</li> <li>– Équilibre et résultante de plusieurs forces</li> <li>– Force de frottement</li> <li>– Force gravitationnelle</li> <li>– Force centripète</li> <li>– Accélération gravitationnelle</li> </ul>
<b>Organisation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Atome</li> <li>– Élément</li> <li>– Tableau périodique</li> <li>– Molécule</li> </ul>	<b>Organisation de la matière</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Substance pure (composé, élément)</li> <li>– Mélanges homogènes et hétérogènes</li> </ul>		<b>Organisation de la matière</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Notation de Lewis</li> <li>– Particules élémentaires (proton, électron, neutron)</li> <li>– Modèle atomique simplifié</li> <li>– Masse atomique relative et isotopes</li> <li>– Règles de nomenclature et d'écriture</li> <li>– Ions polyatomiques</li> <li>– Notion de mole</li> </ul>	

Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> secondaire	3 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	5 <sup>e</sup> secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Physique
	<b>Fluides</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fluide compressible et incompressible</li> <li>– Pression</li> <li>– Relation entre pression et volume</li> </ul>	<b>Électricité et électromagnétisme</b> <p>Électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Charge électrique</li> <li>– Électricité statique</li> <li>– Loi d’Ohm</li> <li>– Circuits électriques</li> <li>– Relation entre la puissance et l’énergie électrique</li> </ul> <p>Électromagnétisme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Forces d’attraction et de répulsion</li> <li>– Champ magnétique d’un fil parcouru par un courant électrique</li> <li>– Champ magnétique d’un solénoïde</li> <li>– Induction électromagnétique</li> </ul>		
		<b>Transformations de l’énergie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Loi de la conservation de l’énergie</li> <li>– Rendement énergétique</li> <li>– Distinction entre la chaleur et la température</li> </ul>	<b>Transformations de l’énergie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Relation entre le travail, la force et le déplacement</li> <li>– Force efficace</li> <li>– Relation entre le travail et l’énergie</li> <li>– Relation entre l’énergie potentielle, la masse, l’accélération et le déplacement</li> <li>– Relation entre l’énergie cinétique, la masse et la vitesse</li> </ul>	<b>Transformation de l’énergie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Relation entre la puissance, le travail et le temps</li> <li>– Énergie mécanique</li> <li>– Loi de Hooke</li> </ul>



Premier cycle	Deuxième cycle (programme de base)		Deuxième cycle (programme optionnel)	Deuxième cycle (programme optionnel)
1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> secondaire	3 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	4 <sup>e</sup> secondaire	5 <sup>e</sup> secondaire
Science et technologie	Applications technologiques et scientifiques		Science et environnement	Physique
	<b>Ondes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fréquence</li> <li>– Longueur d’onde</li> <li>– Amplitude</li> <li>– Échelle des décibels</li> <li>– Spectre électromagnétique</li> <li>– Déviation des ondes lumineuses</li> <li>– Foyer d’une lentille</li> </ul>	<b>Fluides</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Principe d’Archimède</li> <li>– Principe de Pascal</li> <li>– Principe de Bernouilli</li> </ul> <b>Forces et mouvements</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Force</li> <li>– Types de forces</li> <li>– Équilibre de deux forces</li> <li>– Relation entre la vitesse constante, la distance et le temps</li> <li>– Distinction entre la masse et le poids</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Relation entre l’énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la température</li> </ul>	<b>Optique géométrique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lois de Snell-Descartes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réflexion <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayon incident et réfléchi</li> <li>- Angle d’incidence et de réflexion</li> </ul> </li> <li>• Réfraction <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayon incident et réfracté</li> <li>- Angle d’incidence et de réfraction</li> <li>- Indice de réfraction</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>– Images <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type d’image (réelle, virtuelle)</li> <li>• Caractéristiques de l’image (agrandissement, position)</li> </ul> </li> </ul>

# Bibliographie

## Culture scientifique et technologique

BINDI, Christophe. *Dictionnaire pratique de la métrologie : Mesure, essai et calculs d'incertitudes*, France, La Plaine Saint-Denis, AFNOR, 2006, 380 p.

CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. *La culture scientifique et technique au Québec : Un bilan, rapport de conjoncture*, Québec, gouvernement du Québec, 2002, 215 p.

HASNI, Abdelkrim. *La culture scientifique et technologique à l'école : De quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer?*, communication présentée au 70<sup>e</sup> Congrès de l'ACFAS, Québec, Université Laval, 2002, 25 p.

ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU MÈTRE. *Le Système international d'unités*, France, BIPM, 8<sup>e</sup> éd., 2006, 180 p.

THOUIN, Marcel. *Notions de culture scientifique et technologique : Concepts de base, percées historiques et conceptions fréquentes*, Québec, MultiMondes, 2001, 480 p.

CANADA, CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION. *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature*, Toronto, gouvernement du Canada, 1997, 261 p.

DE SERRES, Margot et autres. *Intervenir sur les langages en mathématiques et en science*, Montréal, Modulo, 2003, 390 p.

FOUREZ, Gérard. *Alphabétisation scientifique et technique : Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, Bruxelles, De Boeck Université, 1994, 219 p.

GIORDAN, André. *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Paris, Belin, 1999, 239 p.

POTVIN, Patrice, Martin Riopel et Steve Masson. *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*, Québec, MultiMondes, 2007, 464 p.

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programmes d'études. Secondaire. Physique 534*, Québec, gouvernement du Québec, 1992, 301 p.

## Didactique de la science

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for All Americans, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 272 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 420 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Atlas of Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 165 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Designs for Science Literacy, Project 2061*, New York, Oxford University Press, 1993, 300 p.