







Le présent document est une adaptation du programme d'études *Physique* du Programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, deuxième cycle.

**Coordination et rédaction**

Direction de l'éducation des adultes et de l'action communautaire  
Secteur du développement pédagogique et du soutien aux élèves

**Pour tout renseignement, s'adresser à l'endroit suivant :**

Direction de l'éducation des adultes et de l'action communautaire  
Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche  
1035, rue De La Chevrotière, 13<sup>e</sup> étage  
Québec (Québec) G1R 5A5  
Téléphone : 418 643-9754

Ce document peut être consulté sur le site Web du Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche :  
**[www.meesr.gouv.qc.ca](http://www.meesr.gouv.qc.ca)**

© Gouvernement du Québec  
Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, 2015

ISBN 978-2-550-72491-9 (PDF)  
ISBN 978-2-550-72492-6 (version anglaise)

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2015

# Table des matières

Chapitre 1	Présentation de la discipline .....	1
1.1	Apport de la discipline à la formation de l'adulte .....	3
1.2	Conception de la discipline .....	3
1.3	Relations entre la discipline et les autres éléments du programme de formation de base diversifiée.....	4
1.3.1	Relations avec les domaines généraux de formation.....	4
1.3.2	Relations avec les compétences transversales.....	5
1.3.3	Relations avec les autres domaines d'apprentissage .....	6
Chapitre 2	Contexte pédagogique .....	9
2.1	Situations d'apprentissage .....	11
2.2	Familles de situations d'apprentissage .....	11
2.3	Ressources éducatives .....	12
Chapitre 3	Compétences disciplinaires .....	13
3.1	Dynamique des compétences disciplinaires .....	15
3.2	Compétence 1 : Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique.....	17
3.2.1	Sens de la compétence.....	17
3.2.2	Composantes et manifestations de la compétence.....	18
3.2.3	Développement de la compétence .....	19
3.3	Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances en physique .....	19
3.3.1	Sens de la compétence.....	19
3.3.2	Composantes et manifestations de la compétence.....	20
3.3.3	Développement de la compétence .....	20
3.4	Compétence 3 : Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.....	21
3.4.1	Sens de la compétence.....	21
3.4.2	Composantes et manifestations de la compétence.....	21
3.4.3	Développement de la compétence .....	22
3.5	Démarches.....	23
Chapitre 4	Contenu disciplinaire .....	25
4.1	Savoirs.....	27
4.1.1	Concepts prescrits .....	27
4.1.2	Techniques.....	27
4.2	Repères culturels.....	28
Chapitre 5	Structure des cours du programme d'études.....	29
Présentation des cours .....		31
Chapitre 6	Cours du programme d'études .....	33
Structure de présentation des cours.....		35

PHY-5061-2 Cinématique et optique géométrique.....	37
PHY-5062-2 Dynamique et transformation de l'énergie mécanique .....	51
Annexes .....	65
Références bibliographiques .....	75

# Table des illustrations

## Schémas

Schéma 1- Interactions entre les compétences disciplinaires .....	15
Schéma 2- Interactions entre les aspects du déploiement d'une compétence.....	17
Schéma 3- Les démarches d'investigation.....	23

## Tableaux

Tableau 1- Synthèse des techniques .....	27
Tableau 2- Cours du programme d'études.....	32



## Chapitre 1



## Présentation de la discipline



## 1.1 Apport de la discipline à la formation de l'adulte

---

Partie intégrante des sociétés qu'elle a contribué à façonner, la science représente une part importante de leur héritage culturel et un facteur déterminant de leur développement. L'émergence rapide des savoirs scientifiques, leur quantité, leur complexité et la prolifération de leurs applications supposent que les personnes disposent non seulement d'un bagage de connaissances particulières, mais aussi de stratégies qui leur permettent de s'affranchir des contraintes inhérentes au changement. Cette libération implique un certain recul par rapport aux acquis, une compréhension de la portée et des limites de ces savoirs et la nécessité d'en saisir les retombées.

En tant que science, la physique participe à l'élargissement de la culture générale des adultes et à la prise de conscience du rôle que cette culture peut jouer dans leur capacité à prendre des décisions éclairées. L'apprentissage de la physique sollicite la curiosité, l'imagination, le désir d'explorer, le plaisir d'expérimenter et de découvrir de nouvelles connaissances, autant que le besoin de comprendre son environnement, de l'expliquer et de le créer. La physique n'est pas l'apanage de quelques initiés. Les inventions et les innovations qu'elle a suscitées témoignent de sa vitalité et de son rôle essentiel dans le développement des sociétés, qu'il s'agisse de sports, de transports, de ressources énergétiques, de santé ou de télécommunications.

Le programme d'études *Physique* de 5<sup>e</sup> secondaire est un prolongement de la formation offerte en 3<sup>e</sup> et en 4<sup>e</sup> secondaire. Il vise à consolider et à enrichir les connaissances scientifiques des adultes et constitue un préalable à plusieurs programmes préuniversitaires ou techniques. Les concepts prescrits se rattachent à des concepts généraux se rapportant à l'optique géométrique, à la cinématique, à la dynamique et à la transformation de l'énergie mécanique.

## 1.2 Conception 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 qui soient des plus simples possible, pour rendre compte de la complexité du monde. Ces modèles de base, combinés à d'autres par la suite, deviennent de plus en plus englobants. C'est ainsi que les théories et les modèles sont constamment mis à l'épreuve, modifiés et réorganisés au rythme de la construction des nouvelles connaissances.

La physique s'intéresse 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. De ce fait, elle entretient un lien privilégié avec la mathématique qui fournit le langage par lequel les phénomènes physiques s'expriment.

## 1.3 Relations entre la discipline et les autres éléments du programme de formation de base diversifiée

---

Par l'entremise de son programme d'études, la discipline de la physique entretient des relations avec les autres éléments du programme de formation de base diversifiée, à savoir les domaines généraux de formation, les compétences transversales et les autres domaines d'apprentissage.

### 1.3.1 Relations avec les domaines généraux de formation

Les domaines généraux de formation (DGF) comportent cinq grands thèmes qui rassemblent des contextes de vie tels que *Santé et bien-être*, *Environnement et consommation*, *Médias*, *Orientation et entrepreneuriat* ainsi que *Vivre-ensemble et citoyenneté*. Le programme d'études *Physique* propose d'utiliser des situations d'apprentissage qui se rattachent à ces DGF pour donner du sens aux apprentissages. C'est ainsi que l'adulte constate qu'ils sont en lien avec les diverses activités de sa vie.

#### **Santé et bien-être**

Les connaissances à construire en physique aident à répondre à de nombreuses interrogations concernant le fonctionnement du corps, la santé, la sécurité et le confort. La compréhension de l'action des forces qui s'exercent à partir du corps ou sur le corps contribue à l'augmentation de l'efficacité et de la performance des mouvements, à l'adoption de bonnes postures de travail et à la compréhension du fonctionnement de certains équipements de sécurité. Par ailleurs, l'optique géométrique sert à expliquer les angles, le danger que représentent les angles morts ainsi que l'utilité et les bienfaits des verres correcteurs et des lentilles cornéennes.

#### **Environnement et consommation**

Plusieurs avancées de la physique ont modifié les habitudes de consommation et provoqué diverses conséquences sur l'environnement. Les contextes issus de ce domaine mènent à analyser diverses applications de la physique et leur impact environnemental. Les problématiques liées au transport et à l'efficacité énergétique en sont des exemples patents. Conscientiser l'adulte à certains problèmes peut amener une modification de ses comportements en vue d'une utilisation plus responsable des ressources.

#### **Médias**

L'adulte qui s'informe, apprend ou communique a recours à différents médias, d'où l'importance de développer son sens critique par rapport à l'information obtenue, émise ou transmise. Les films, les journaux, la télévision et plusieurs médias électroniques traitent de sujets liés à la physique. Un bon bagage de connaissances scientifiques est utile pour évaluer la fiabilité de l'information reçue. Par ailleurs, l'intérêt que porte l'adulte aux moyens de communication électroniques et à leur utilisation peut l'amener à s'investir davantage et à accroître sa motivation. Les contextes associés à ce

domaine permettent de se rendre compte de l'apport important de l'optique au développement de certains supports médiatiques comme les représentations tridimensionnelles, les hologrammes ou les lecteurs optiques.

### **Orientation et entrepreneuriat**

Plusieurs secteurs d'emploi impliquent le recours à des savoirs de nature scientifique. C'est pourquoi les tâches que l'adulte est appelé à exécuter dans le cadre de ce programme d'études sont autant d'occasions de mieux comprendre le travail des personnes qui occupent un emploi dans des secteurs liés à la physique. Ainsi, il peut s'initier au travail du scientifique, développer son intérêt, mesurer ses aptitudes pour les métiers et les professions qui s'y rattachent et envisager une orientation en ce sens.

### **Vivre-ensemble et citoyenneté**

Le développement de compétences et la construction de connaissances en lien avec la physique mènent vers une nouvelle vision des enjeux sociétaux. Divers contextes de vie susceptibles d'être abordés dans ce cadre, par exemple ceux qui se rapportent à la conduite automobile, peuvent offrir des canevas de situations favorisant l'apprentissage d'une citoyenneté responsable. L'adulte peut alors améliorer la qualité de sa participation à la vie de la société.

## **1.3.2 Relations avec les compétences transversales**

L'appropriation d'une culture scientifique passe par l'acquisition des trois compétences disciplinaires, suivie de leur développement. Ce processus contribue au développement de compétences plus générales, appelées compétences transversales. Ces dernières sont de divers ordres, soulignant ainsi différentes facettes du savoir-agir.

### **Compétences transversales d'ordre intellectuel**

Les situations inscrites dans ce programme d'études exigent que l'adulte *exploite l'information* de façon judicieuse tout en questionnant la fiabilité des sources consultées. La quête de réponses ou la recherche de solutions lui permettent d'acquérir des habiletés en résolution de problème, habiletés qu'il peut ensuite transposer dans d'autres contextes. Il *met en œuvre sa pensée créatrice* lorsqu'il imagine un plan d'action ou considère plus d'une manière de mener une expérience. Enfin, il *exerce son jugement critique* à l'occasion de l'analyse de textes ou d'exposés scientifiques ou encore de l'évaluation des retombées de la physique.

### **Compétences transversales d'ordre méthodologique**

Le souci de rigueur associé aux différentes démarches adoptées en physique amène l'adulte à *se donner des méthodes de travail efficaces*. Il *exploite les technologies de l'information et de la communication* et bénéficie de ce fait d'une plus grande diversité de sources d'information et de moyens d'action.

## Compétences transversales d'ordre personnel et social

L'adulte qui passe de l'abstrait au concret, de la décision à l'exécution et qui accepte de prendre des risques *actualise son potentiel*. La construction de ses connaissances en physique est favorisée par le partage d'idées ou de points de vue ainsi que par leur validation par les pairs ou par des experts. Bref, l'adulte est appelé à *coopérer*.

## Compétence transversale de l'ordre de la communication

L'appropriation de nouveaux concepts et de leur représentation au moyen des langages mathématique, scientifique et technologique concourt à la capacité de l'adulte à *communiquer de façon appropriée*. La personne doit non seulement se familiariser avec un vocabulaire, des codes et des conventions propres à la physique, mais elle doit aussi apprendre à les utiliser adéquatement.

### 1.3.3 Relations avec les autres domaines d'apprentissage

Chaque discipline aborde le monde de façon particulière. Dans une perspective d'interdisciplinarité, il importe de relier les apprentissages en physique à ceux effectués dans d'autres disciplines. La physique peut dès lors s'enrichir de l'apport complémentaire de ces disciplines, et contribuer à les étoffer à son tour.

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

Les programmes d'études de mathématique, de science et de technologie font partie du même domaine d'apprentissage que la physique. Ils visent le développement de compétences disciplinaires semblables en matière de résolution de problème, de raisonnement et de communication. Dans le programme de la formation de base diversifiée, ce domaine est complété par le programme d'études *Informatique*.

La mathématique est étroitement liée aux programmes à caractère scientifique. Le vocabulaire, le graphisme, la notation et les symboles auxquels elle recourt constituent un langage rigoureux dont la physique tire profit. La mathématique est fréquemment utilisée dans l'élaboration ou la construction de modèles ainsi que dans la résolution de problèmes, tant sur le plan expérimental que sur le plan théorique.

La physique contribue en outre à la concrétisation de certains savoirs mathématiques, notamment les variables, les relations de proportionnalité et les vecteurs. Elle fournit des contextes signifiants pour l'étude de la mesure ou des statistiques.

Le développement des savoirs en physique a bénéficié de l'essor de l'informatique : outils plus performants pour la recherche d'informations, traitement des données, présentation et échange de résultats, etc. Inversement, la physique alimente l'informatique puisqu'elle procure des contextes d'application qui stimulent la création et la mise au point de nouveaux produits.

## Domaine des langues

Les disciplines du domaine des langues fournissent des outils essentiels à l'expression des compétences scientifiques. En physique, l'adulte qui interprète des informations, qui décrit ou explique un phénomène a recours aux compétences inscrites dans les programmes d'études du domaine des langues. La *Physique* offre par ailleurs l'occasion d'utiliser un vocabulaire précis et de saisir l'importance d'une langue rigoureuse.

Comme la langue anglaise est employée à l'échelle internationale dans les communications scientifiques, l'adulte qui la possède et qui dispose en plus d'une troisième langue a accès à des sources d'information plus nombreuses et plus diversifiées.

## Domaine de l'univers social

Les avancées scientifiques sont inscrites dans des réalités de nature historique et sociale. La perspective historique replace ces progrès en contexte, permet d'en apprécier l'importance et d'en mesurer l'ampleur. Sur le plan social, les richesses — et leur mode de répartition — ont une influence à la fois sur l'évolution des sociétés et sur l'avancement de la physique.

Comme les collectivités sont tributaires des outils et des moyens dont elles disposent, l'étude de la physique jette un éclairage différent sur leur histoire et sur leur évolution.

## Domaine des arts

Les disciplines artistiques concourent largement au développement de la créativité. Le programme d'études *Physique* en tire profit pour résoudre des problèmes. En retour, la physique apporte sa contribution aux disciplines artistiques; par exemple, une bonne compréhension de la cinématique et de la dynamique aide à l'amélioration des performances artistiques des danseurs ou des acrobates. De même, des applications de l'optique géométrique rehaussent la présentation des décors et des éclairages.

## Domaine du développement de la personne

Le programme d'études *Physique* s'appuie sur les réflexions liées au développement de la personne lorsqu'ils abordent des questions d'ordre éthique, comme les enjeux liés au choix d'une norme sur la limitation de la vitesse sur les routes. Par ailleurs, le présent programme enrichit le domaine du développement de la personne en y intégrant ses principes. Par exemple, la création de nouvelles applications qui favorisent la pratique sportive peut contribuer à l'amélioration de la santé des personnes.

## Domaine du développement professionnel

Les champs d'application de la physique touchent de nombreux secteurs d'activité et peuvent être associés aux métiers ou professions propres à ces secteurs. Les situations d'apprentissage proposées dans les cours de physique favorisent l'expérimentation de diverses fonctions de travail et conduisent les adultes à s'intéresser aux métiers et professions qui y sont associés. En retour, les activités des programmes d'études liés au développement professionnel peuvent susciter l'intérêt de l'adulte pour des problèmes d'ordre scientifique qui relèvent de la physique.



## Chapitre 2



**Contexte pédagogique**



## 2.1 Situations d'apprentissage

---

Les situations d'apprentissage soutiennent la construction et la mobilisation des connaissances ainsi que le développement des compétences disciplinaires et transversales. Elles sont liées à un contexte et présentent une question à traiter ou un problème à résoudre. Elles comportent une ou plusieurs tâches donnant lieu à une production déterminée.

Lorsqu'elles sont rattachées par leur contexte à un domaine général de formation (DGF), les situations d'apprentissage contribuent à la réalisation de son intention éducative. Des situations d'apprentissage *signifiantes*, *ouvertes* et *complexes* confèrent plus de sens aux apprentissages et favorisent l'intégration des contenus disciplinaires et des composantes des compétences. Lorsqu'elles rejoignent les centres d'intérêt de l'adulte en s'inspirant des questions de l'actualité, des grands enjeux de société ou des réalisations scientifiques et technologiques en relation avec le quotidien, elles sont dites *signifiantes*. Par ailleurs, une situation d'apprentissage *ouverte* amène l'adulte à choisir sa démarche et rend possibles différentes pistes de solution. Lorsqu'elle est *complexe*, une situation d'apprentissage nécessite la mobilisation d'un plus grand nombre de ressources et donne à l'adulte l'occasion de mettre en œuvre plus d'une compétence.

Bien que l'utilisation de situations d'apprentissage soit obligatoire, aucun des exemples donnés dans les cours n'est prescrit. Il en est de même des exemples de tâches. Le personnel enseignant conçoit ou choisit celles qu'il juge appropriées.

## 2.2 Familles de situations d'apprentissage

---

Des situations d'apprentissage qui se ressemblent en raison du type de tâches à accomplir constituent une famille. Quel que soit leur niveau de complexité, les situations d'une même famille favorisent le transfert des apprentissages. Le programme d'études *Physique* compte deux familles de situations d'apprentissage : *Recherche* et *Expertise*.

### Recherche

La famille *Recherche* du présent programme d'études regroupe les situations d'apprentissage qui comportent des tâches visant la résolution d'un problème relevant de la physique. Dans les situations de *Recherche*, l'adulte fait preuve de créativité : il établit son plan d'action, il choisit les outils dont il a besoin et s'en sert pour résoudre le problème. Il présente les résultats de ses travaux et propose, le cas échéant, de nouvelles hypothèses ou pistes de solution. Les situations de la famille *Recherche* impliquent l'utilisation de matériel et de techniques de laboratoire propres à la physique.

## Expertise

Dans la famille *Expertise*, les situations d'apprentissage comportent des tâches qui invitent l'adulte à se pencher sur un phénomène physique ou une application de la physique. La personne est alors appelée à repérer les principes scientifiques mis en cause, à les mettre en relation et à les expliquer. Elle doit tirer profit de toute l'information accessible et faire appel à des concepts, à des lois, à des théories ou à des modèles qui relèvent de la physique. Ce type d'analyse mène parfois à l'utilisation de matériel et de techniques de mesure et d'observation propres à la physique, tandis que l'étude de l'application conduit occasionnellement à l'emploi d'outils et de techniques de représentation graphique ou de démontage relevant de la technologie. C'est ainsi que l'adulte peut formuler une explication claire du phénomène ou des éléments de physique mis en cause dans l'application.

Les situations d'apprentissage des familles *Recherche* et *Expertise* permettent de construire des connaissances, de mobiliser des ressources, de mettre en œuvre les démarches d'investigation et de développer les compétences du programme d'études *Physique* de 5<sup>e</sup> secondaire.

Les familles de situations d'apprentissage sont prescrites. Chaque cours doit comporter des situations issues des deux familles citées précédemment.

## 2.3 Ressources éducatives

---

Pour développer ses compétences, l'adulte fait appel à différentes ressources groupées dans des catégories définies. Ces ressources peuvent être de nature personnelle, conceptuelle, informationnelle, matérielle, institutionnelle ou humaine.

Les ressources personnelles renvoient aux connaissances, aux habiletés, aux stratégies, aux attitudes ou aux techniques déjà acquises. Les ressources conceptuelles font appel à des savoirs provenant des différentes disciplines tandis que les ressources informationnelles comprennent les manuels scolaires, les documents de référence ou tout autre matériel permettant la recherche d'informations. Par ailleurs, les instruments et les objets de toutes sortes font partie des ressources matérielles, alors que les ressources institutionnelles incluent les organismes publics ou parapublics, les industries et les entreprises locales ou toute autre ressource communautaire. L'enseignante ou enseignant ainsi que les autres adultes en formation font partie des ressources humaines le plus immédiatement accessibles. Les techniciennes et les techniciens en travaux pratiques sont de bonnes personnes-ressources, particulièrement en matière de sécurité au laboratoire. L'adulte peut aussi faire appel au personnel enseignant d'autres disciplines ou à différents experts, au besoin.

## Chapitre 3



## Compétences disciplinaires



### 3.1 Dynamique des compétences disciplinaires

Dans le programme de formation générale de base diversifiée, la compétence est définie comme un **savoir-agir fondé sur l'utilisation et la mobilisation d'un ensemble de ressources**. Elle se manifeste dans des contextes d'une certaine complexité et son degré de maîtrise peut augmenter tout au long du parcours scolaire et même tout au long de la vie. Le programme d'études *Physique* de cinquième secondaire cible le développement de trois compétences disciplinaires. Ces compétences se rattachent à trois dimensions complémentaires de la science, soit la pratique et la méthodologie, la théorie ainsi que la communication.

La première compétence, *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique*, met l'accent sur la méthodologie utilisée en science pour résoudre des problèmes. Elle mise sur la mobilisation de concepts et de techniques relatifs à la physique, notamment dans le contexte d'une démarche d'investigation qui se déroule le plus souvent en laboratoire.

La deuxième compétence, *Mettre à profit ses connaissances en physique*, met l'accent sur la conceptualisation et sur le transfert des apprentissages, notamment pour l'analyse de phénomènes ou d'applications. Elle implique une appropriation des concepts liés à la physique et qui permettent de comprendre et d'expliquer ces phénomènes ou ces applications.

La troisième compétence, *Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*, met en évidence la connaissance et l'utilisation d'une terminologie et d'un symbolisme particuliers. Elle fait appel aux divers langages utilisés en physique et qui sont essentiels au partage de l'information de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractère scientifique.

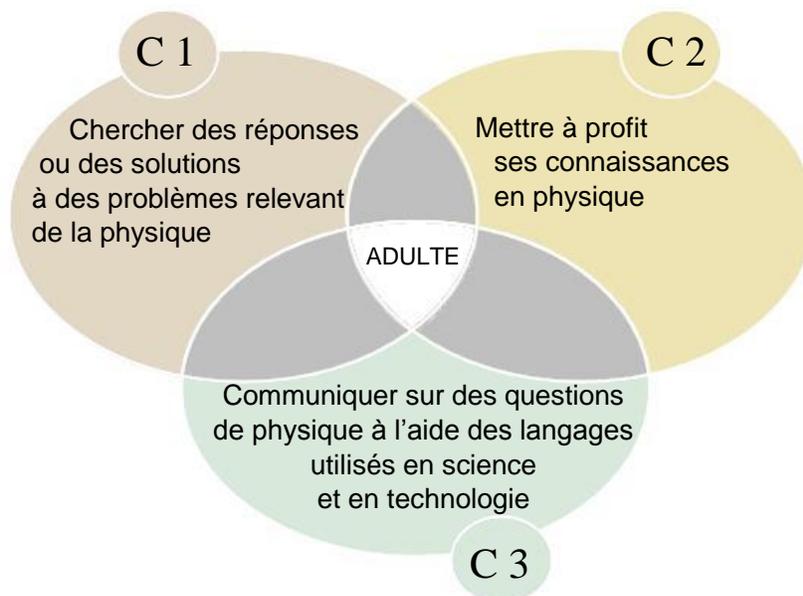


Schéma 1- Interactions entre les compétences disciplinaires

Les trois compétences se recoupent de multiples façons et se développent en synergie. Ainsi, la recherche de solutions à des problèmes relevant de la physique nécessite l'appropriation et la mise à profit de connaissances spécifiques, d'une part, et la maîtrise de stratégies de l'ordre de la communication, d'autre part. De même, la mise à profit des connaissances en physique impose l'utilisation d'un langage partagé par les membres de la communauté scientifique; elle est maintes fois réinvestie dans la résolution de problèmes.

### **Les trois aspects du déploiement d'une compétence**

La compétence s'exprime dans l'action et se révèle par l'exécution adéquate de tâches dans un contexte donné. Son déploiement comporte trois aspects : la contextualisation, la mobilisation des ressources et le retour réflexif.

L'exercice d'une compétence nécessite, dans un premier temps, une lecture judicieuse des caractéristiques du contexte : c'est la contextualisation. Dans un deuxième temps, la personne tient compte des contraintes associées au contexte, planifie son action et agit en mobilisant un ensemble de ressources. Finalement, le fait d'être compétent renvoie à la capacité d'expliquer la façon de mobiliser efficacement un ensemble approprié de ressources pour agir dans une situation donnée. Le concept de compétence implique donc la capacité à réfléchir sur le cheminement emprunté pour accomplir des tâches et résoudre des problèmes. C'est par cet exercice de retour réflexif que l'adulte peut réguler son agir et que le personnel enseignant peut ajuster ses interventions.

### **Interactions entre les aspects du déploiement d'une compétence**

Les trois aspects du déploiement d'une compétence ne sont pas qu'une simple juxtaposition, mais leurs interactions sont de nature dynamique :

- l'interaction entre la contextualisation et la mobilisation des ressources se traduit par la réutilisation et la recombinaison des mêmes connaissances, et ce, de multiples façons selon les contextes;
- l'interaction entre le retour réflexif et la contextualisation permet de mieux déterminer les caractéristiques de la situation et de mieux tenir compte de ses contraintes;
- l'interaction entre le retour réflexif et la mobilisation des ressources porte notamment sur la réorganisation des connaissances. Elle fait aussi référence à toute forme d'analyse du cheminement emprunté, ce qui permet d'en repérer les forces et les faiblesses.

Chacune de ces interactions contribue au transfert des apprentissages. Le schéma qui suit illustre le caractère dynamique du déploiement d'une compétence.

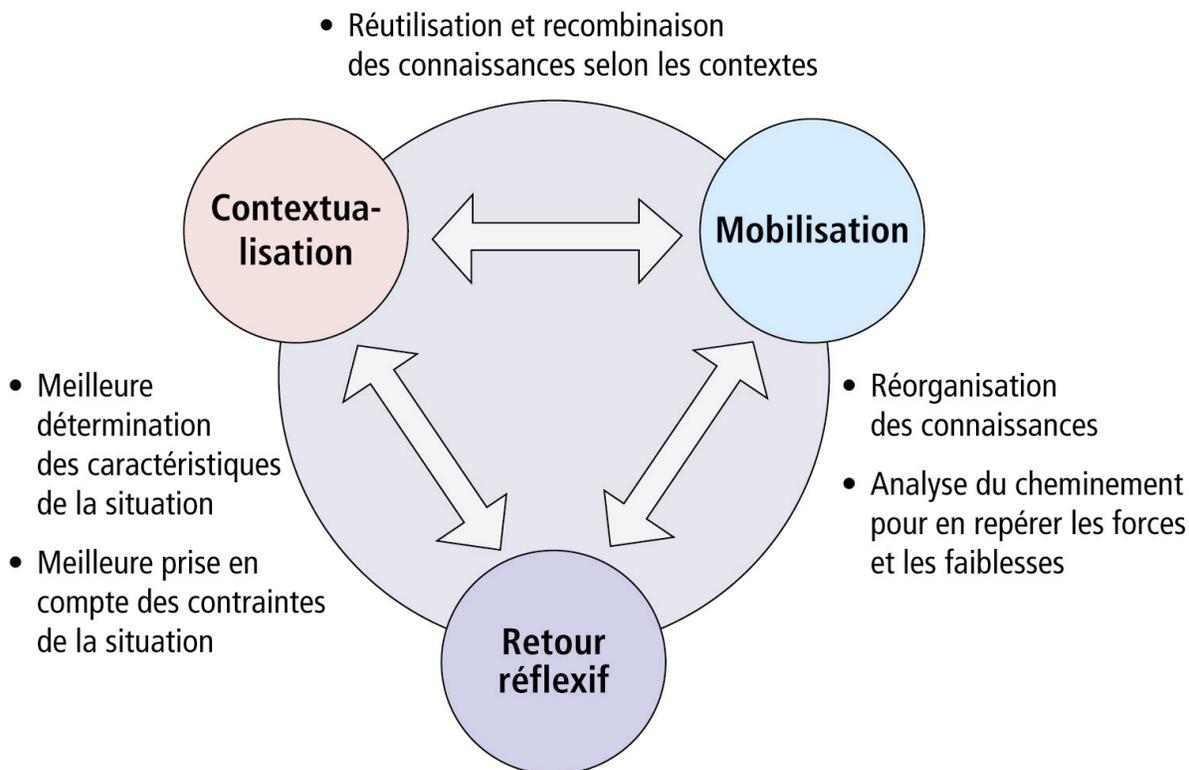


Schéma 2- Interactions entre les aspects du déploiement d'une compétence

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

### 3.2.1 Sens de la compétence

Tout comme les autres disciplines scientifiques, la physique se caractérise par la rigueur de sa recherche de réponses ou de solutions à des problèmes relevant de son champ d'expertise. Son mode de raisonnement repose sur des démarches d'investigation qui exigent la mobilisation de stratégies, de techniques et de concepts propres à la science. L'articulation de ces ressources suppose que l'adulte est en mesure de les choisir et de les adapter à une situation particulière. C'est par l'exploration de pistes variées, la mise à l'essai d'hypothèses, la rétroaction et le recadrage du problème qu'il parvient à construire une solution satisfaisante. Dans la majorité des cas, cette compétence fait appel à l'expérimentation et requiert l'utilisation de matériel spécialisé.

Un premier aspect de cette compétence se manifeste lorsque l'adulte élabore sa représentation d'un problème à partir d'indices significatifs et d'éléments jugés pertinents. Cette représentation peut exiger plusieurs ajustements ultérieurs et s'accompagner de l'exploration de plusieurs pistes de solution.

Après avoir sélectionné l'une d'elles, l'adulte élabore un plan d'action qui tient compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles à respecter et, d'autre part, des ressources dont il dispose pour résoudre le problème.

L'adulte exécute son plan d'action en prenant soin de consigner toutes les observations pouvant lui être utiles ultérieurement. Il peut même, dans certains cas, procéder à des essais. De nouvelles données peuvent alors exiger qu'il modifie son plan de départ ou qu'il recherche des pistes de solution plus appropriées.

Vient ensuite l'analyse des données recueillies. Il repère les tendances et les relations significatives, fournit des explications pertinentes et tire des conclusions. S'il y a lieu, il juge de l'exactitude de son résultat en fonction de l'écart qu'il observe par rapport à une valeur conventionnellement admise. Ces mises en relation lui permettent de valider ou d'invalidier son hypothèse et de s'assurer de la pertinence de sa réponse. Dans son rapport, l'adulte s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs accompagnés de leur incertitude.

### 3.2.2 Composantes et manifestations de la compétence

#### ❖ Cerner un problème

- Repérer les éléments qui semblent pertinents.
- Déterminer les relations qui unissent les différents éléments.
- Reformuler le problème en faisant appel à des concepts de physique.
- Proposer des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles.

#### ❖ Élaborer un plan d'action

- Sélectionner une hypothèse ou une solution.
- Déterminer les ressources nécessaires.
- Planifier les étapes de la mise en œuvre du plan d'action.

#### ❖ Concrétiser le plan d'action

- Procéder aux manipulations ou aux opérations planifiées.
- Recueillir des données ou noter des observations pouvant être utiles.
- Apporter, si nécessaire, des corrections à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action.

### ❖ Analyser les résultats

- Traiter les données recueillies ou les observations notées.
- Rechercher les tendances ou les relations significatives.
- Établir des liens entre les résultats et les concepts de physique.
- Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée.
- Énoncer de nouvelles hypothèses ou solutions, s'il y a lieu.

### 3.2.3 Développement de la compétence

Pour favoriser le développement de la compétence *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique*, l'enseignante ou enseignant propose des situations d'apprentissage qui requièrent une démarche d'investigation et qui suscitent l'engagement dans la résolution de problème.

La physique est à la recherche de réponses à des questions portant sur des phénomènes régis par des lois. Elle implique une démarche d'investigation qui génère des modèles ou des théories à la base de la compréhension de ces phénomènes.

Pour concrétiser le plan d'action établi, il est nécessaire, dans la majorité des cas, d'accomplir un certain nombre de tâches au laboratoire. Les retours réflexifs, effectués à tout moment, portent sur la démarche retenue et favorisent une meilleure articulation des étapes de cette démarche et des stratégies et techniques utilisées, ainsi que leur adaptation aux exigences des différents contextes.

## 3.3 Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances en physique

---

### 3.3.1 Sens de la compétence

La physique se révèle aujourd'hui indispensable pour comprendre un grand nombre d'enjeux de notre monde. La personne qui dispose de la capacité de mettre à profit ses connaissances en ce domaine peut s'engager davantage dans la société et entrevoir son rôle de façon plus éclairée. Pour y arriver, l'adulte a recours à des modes de raisonnement et à des démarches d'investigation dont elle ou il poursuit l'apprentissage dans ses cours de physique.

Un premier aspect de la présente compétence se manifeste lorsque l'adulte se penche sur le contexte dans lequel se situe le phénomène ou l'application à l'étude. Il considère les éléments qui lui semblent pertinents, repère les principes de physique présents et se donne une représentation du phénomène ou de l'application en faisant appel à des concepts.

L'adulte qui procède à une telle analyse démontre sa compréhension des principes en cause en les décrivant de façon qualitative ou quantitative. Il les met en relation par l'intermédiaire des concepts,

des lois, des théories ou des modèles qui les sous-tendent. Ce travail peut découler d'un certain nombre de tâches accomplies au laboratoire.

Pour expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la physique, l'adulte compétent s'appuie sur des concepts, des lois, des théories ou des modèles pertinents. Il a recours au formalisme scientifique et mathématique pour justifier son explication, le cas échéant. La présentation de ses résultats est assortie d'une explication de son cheminement et de sa mobilisation des ressources. Il s'assure d'utiliser adéquatement les chiffres significatifs, sans oublier l'incertitude qui s'y rattache. Puisque les mêmes principes sont valables pour plusieurs phénomènes ou applications, il peut être appelé à transposer l'explication dans d'autres contextes.

### 3.3.2 Composantes et manifestations de la compétence

#### ❖ Dégager les principes de physique liés à un phénomène ou à une application

- Considérer les éléments du contexte.
- Repérer les principes de la physique.
- Se donner une représentation du phénomène ou de l'application en se basant sur les concepts de physique.

#### ❖ Analyser des principes de physique liés à un phénomène ou à une application

- Décrire les principes de physique liés à un phénomène ou à une application de manière qualitative ou quantitative.
- Mettre en relation les principes de physique liés à un phénomène ou à une application à l'aide de concepts, de lois, de théories ou de modèles.

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

- Élaborer une explication en s'appuyant sur des concepts, des lois et des modèles de la science.
- Justifier son explication à l'aide d'un formalisme scientifique et, s'il y a lieu, mathématique.
- Transposer l'explication proposée dans d'autres contextes, s'il y a lieu.

### 3.3.3 Développement de la compétence

Pour permettre à l'adulte de développer la compétence *Mettre à profit ses connaissances en physique*, l'enseignante ou enseignant propose des situations d'apprentissage comportant une application ou un phénomène lié à un ou à plusieurs principes de physique.

En raison du besoin de comprendre un phénomène ou une application, il est nécessaire de procéder à la construction de nouvelles connaissances et de les mettre en relation avec celles déjà

construites. Toutes ces connaissances servent à expliquer l'utilisation des principes de physique dans la fabrication ou le fonctionnement de l'application, ou encore à décrire et à expliquer le phénomène.

Les retours réflexifs, effectués à tout moment, portent sur l'appropriation des savoirs, l'utilisation des ressources et leur adaptation aux exigences des différents contextes.

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

---

#### 3.4.1 Sens de la compétence

La communication joue un rôle essentiel dans l'acquisition de connaissances scientifiques. Ces connaissances se construisent parallèlement au partage de significations, à l'échange d'idées et à la négociation de points de vue. Cette troisième compétence ne saurait être mobilisée indépendamment des deux précédentes, dont elle renforce le développement.

L'interprétation et la production de messages portant sur des questions de physique entraînent l'utilisation d'un vocabulaire et de symboles propres à la physique, mis à part les tableaux, les graphiques, les schémas, les maquettes et les équations mathématiques. En effet, des normes et des conventions encadrent l'écriture de protocoles ou de rapports. L'adulte en tient compte lorsqu'il prend connaissance d'une tâche, cherche de l'information ou encore établit un plan d'action, rédige un rapport ou fournit une explication. Il s'assure aussi de la fiabilité des sources qu'il consulte et respecte les droits de propriété intellectuelle des personnes dont il reprend les idées ou emprunte les résultats.

#### 3.4.2 Composantes et manifestations de la compétence

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

- Situer le message dans son contexte.
- S'assurer de la fiabilité des sources.
- Repérer les éléments appropriés à l'interprétation du message.
- Saisir le sens précis des mots ou des énoncés.
- Établir des liens entre des concepts et leurs représentations graphiques ou symboliques.

❖ **Produire des messages à caractère scientifique ou technologique**

- Structurer son message.
- Utiliser un vocabulaire scientifique et technologique.
- Recourir aux langages symbolique et graphique associés à la science et à la technologie.
- Respecter les normes et les conventions établies pour les différents langages.
- Démontrer de la rigueur et de la cohérence.
- Respecter les droits de propriété intellectuelle.

### 3.4.3 Développement de la compétence

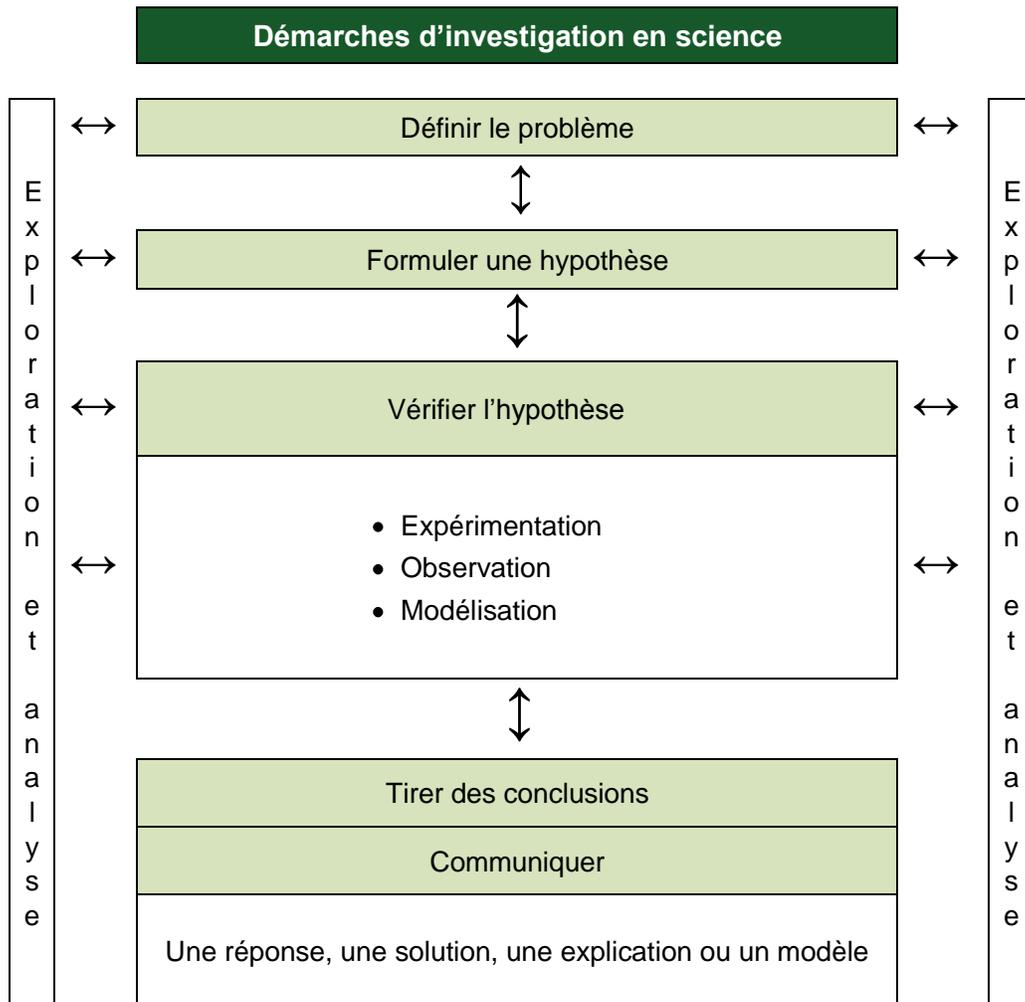
Afin de soutenir le développement de la compétence *Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie*, l'enseignante ou enseignant propose des situations d'apprentissage qui font appel à des modes de présentation variés ainsi qu'à l'utilisation d'un vocabulaire scientifique et technologique précis, qui l'amènent à établir des liens entre diverses représentations de concepts.

Les situations d'apprentissage liées à la première ou à la deuxième compétence offrent généralement à l'adulte l'occasion de développer cette troisième compétence. En effet, la lecture ou la présentation d'un projet, la rédaction ou l'analyse d'un rapport, l'élaboration ou l'exécution d'un protocole ou encore l'étude ou la construction d'un modèle sont autant d'activités qui nécessitent la mise en œuvre de cette troisième compétence. Les situations où l'adulte partage le fruit d'un travail ou cherche des réponses à une question favorisent le développement de ses habiletés à communiquer à l'aide d'un langage adapté à la science et à la technologie.

Les retours réflexifs, effectués à tout moment, portent sur les ressources et les techniques à la base de la communication, sur leur utilisation et sur leur adaptation aux exigences du contexte.

### 3.5 Démarches

Pour résoudre un problème, étudier un phénomène ou une application, l'adulte adopte une démarche d'investigation. Le schéma suivant illustre des démarches d'investigation reconnues en science.



**Schéma 3- Les démarches d'investigation**

Comme le proposent les doubles flèches verticales, les démarches d'investigation sont rarement linéaires. Avant d'être en mesure de tirer ses conclusions et de communiquer sa solution, l'adulte peut revenir plusieurs fois à une étape antérieure. Les doubles flèches horizontales renvoient à l'emploi de stratégies d'exploration et d'analyse pour progresser plus efficacement vers une conclusion. Des exemples pour chacune des stratégies et pour chacune des étapes sont présentés aux annexes 1 et 2.

Les *démarches d'investigation* regroupent différentes démarches mentionnées dans le programme d'études correspondant du secteur de l'enseignement secondaire, 2<sup>e</sup> cycle : la démarche expérimentale, la démarche de modélisation et la démarche d'observation. Comme le schéma précédent le démontre, ce n'est qu'à l'étape de la vérification de l'hypothèse que ces démarches se distinguent. C'est pourquoi, dans le présent programme d'études, elles sont groupées sous l'appellation générale « démarches d'investigation en science ». Les tableaux de l'annexe 3 exposent le détail de chacune de ces méthodes employées pour la vérification de l'hypothèse.

Le programme de physique donne l'occasion de mettre toutes les démarches en œuvre, bien que la démarche expérimentale soit mise en évidence. Le développement de la première compétence y fait explicitement appel. L'accent mis sur la démarche expérimentale permet de souligner, d'une part, les difficultés inhérentes à la recherche scientifique et, d'autre part, le travail accompli par les scientifiques qui ont su élaborer les différentes lois et théories de la physique malgré le manque occasionnel de précision des instruments de mesure utilisés.



## Chapitre 4



**Contenu disciplinaire**



## 4.1 Savoirs

Le programme de physique vise la consolidation et l'enrichissement d'une culture scientifique et technologique qui s'appuie sur le développement des compétences et repose sur la construction de connaissances et la mobilisation de ressources en lien avec divers éléments du programme : les concepts prescrits, les démarches, les techniques et les repères culturels. À cette intention s'ajoutent celle de former des utilisateurs de la physique conscients de ses implications, et celle de préparer un certain nombre d'entre eux à entreprendre des carrières scientifiques ou technologiques.

### 4.1.1 Concepts prescrits

Les concepts prescrits du programme d'études *Physique* sont rattachés à l'univers matériel et se rapportent à l'optique géométrique, la cinématique, la dynamique et la transformation de l'énergie mécanique. On en retrouve la liste au chapitre 5, dans le tableau des cours. Ils sont repris au chapitre 6 dans la section du contenu disciplinaire de chacun des cours et sont accompagnés d'orientations et d'une liste de connaissances à construire.

### 4.1.2 Techniques

Les techniques renvoient à des procédés méthodiques qui balisent la mise en application de connaissances théoriques. Elles se répartissent en deux catégories : Manipulation et Mesure.

Plusieurs de ces techniques requièrent l'utilisation d'instruments ou la manipulation d'objets. La sécurité et l'utilisation de l'équipement de sécurité doivent demeurer une préoccupation constante pour les utilisateurs.

<b>Synthèse des techniques</b>	
<b>Manipulation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire.</li> <li>- Utilisation d'instruments d'observation.</li> </ul>
<b>Mesure</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure.</li> <li>- Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, erreurs liées aux mesures).</li> </ul>

**Tableau 1- Synthèse des techniques**

## 4.2 Repères culturels

---

Les repères culturels revêtent une signification particulière sur le plan de la culture scientifique. Ils contribuent à enrichir les situations d'apprentissage en les ancrant dans la réalité sociale et culturelle. Ce sont des objets techniques, des systèmes technologiques, des procédés technologiques, des produits, des hommes et des femmes de science, des ressources du milieu, des interventions humaines ou des événements en lien avec le contenu notionnel des cours. Une liste des repères culturels est donnée pour chaque cours, au chapitre 6.

Les connaissances en lien avec les repères culturels font partie du contenu disciplinaire à mobiliser dans les cours de ce programme d'études. Si l'utilisation des repères est prescrite, les exemples ne servent par ailleurs que d'illustrations. La liste établie n'est pas exhaustive.



## Chapitre 5



**Structure des cours  
du programme d'études**



## Présentation des cours

---

### Les deux cours de physique

Les cours PHY-5061-2 et PHY-5062-2 regroupent les éléments du programme d'études *Physique*. Les deux cours doivent être suivis dans l'ordre. Cette séquence est imposée par la progression des attentes au regard d'une démarche d'investigation intégrant une expérimentation et par certains concepts de la cinématique utilisés lors de l'étude de la dynamique.

Le cours PHY-5061-2, *Cinématique et optique géométrique*, porte sur les phénomènes et applications qui sont reliés à la trajectoire des rayons lumineux lorsqu'ils rencontrent un dioptre ou au mouvement d'un corps sans tenir compte de sa cause. Les activités de laboratoire permettent de consolider les apprentissages liés à l'expérimentation, faits en 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> secondaire.

Le cours PHY-5062-2, *Dynamique et transformation de l'énergie mécanique* est consacré à l'étude des forces qui agissent sur les corps (cause du mouvement) et du principe de conservation de l'énergie mécanique. Les activités de laboratoire permettent d'appliquer, de manière autonome, des habiletés liées à l'expérimentation.

Le tableau suivant expose le contenu des cours du programme d'études *Physique*.

Cours du programme de physique		
Titre	Durée	Concepts prescrits
<p><b>PHY-5061-2</b></p> <p><b><i>Cinématique et optique géométrique</i></b></p>	<p>50 heures 2 unités</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinématique                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Système de référence</li> <li>- Mouvement rectiligne uniforme</li> <li>- Mouvement rectiligne uniformément accéléré</li> <li>- Mouvement des projectiles</li> </ul> </li> <li>• Optique géométrique                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lois de Snell-Descartes</li> <li>- Images</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>PHY-5062-2</b></p> <p><b><i>Dynamique et transformation de l'énergie mécanique</i></b></p>	<p>50 heures 2 unités</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamique                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lois de Newton</li> <li>- Diagramme de corps libres</li> <li>- Équilibre et résultante de plusieurs forces</li> <li>- Force efficace</li> <li>- Force de frottement</li> <li>- Force gravitationnelle</li> <li>- Force centripète</li> <li>- Loi de Hooke</li> <li>- Accélération gravitationnelle</li> </ul> </li> <li>• Transformation de l'énergie                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relation entre la puissance, le travail et le temps</li> <li>- Énergie mécanique</li> <li>- Relation entre l'énergie, la constante d'élasticité et la variation de la longueur d'un ressort hélicoïdal</li> <li>- Relation entre le travail, la force et le déplacement</li> <li>- Relation entre le travail et l'énergie</li> <li>- Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération gravitationnelle et le déplacement</li> <li>- Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse</li> </ul> </li> </ul>

Tableau 2- Cours du programme d'études



## Chapitre 6



**Cours du programme d'études**



## Structure de présentation des cours

---

La présente section contient une description détaillée de chacun des cours du programme d'études *Physique*. On y trouve les rubriques suivantes :

Rubriques des cours
Présentation du cours
Compétences disciplinaires
Démarches
Compétences transversales
Contenu disciplinaire
Familles de situations d'apprentissage
Domaines généraux de formation
Exemple de situation d'apprentissage
Attentes de fin de cours
Critères d'évaluation des compétences visées par le cours



Cours  
**PHY-5061-2**  
Cinématique  
et optique géométrique

Programme d'études





## PRÉSENTATION DU COURS

Le but du cours *Cinématique et optique géométrique* est de rendre l'adulte apte à traiter efficacement des situations des familles *Recherche* et *Expertise* où il est possible de décrire le mouvement des objets ou de représenter la déviation de la trajectoire de la lumière à l'aide de la géométrie.

L'adulte inscrit à ce cours étudie des phénomènes ou des applications technologiques en lien avec la cinématique ou encore la réflexion et la réfraction de la lumière et cherche des réponses à des problèmes qui s'y rapportent. Ainsi, il construit des connaissances sur la nature vectorielle de certains paramètres comme la vitesse, l'accélération et le déplacement de même que sur le comportement de la lumière réfléchie par un miroir ou de celle qui traverse un dioptre. Ces connaissances l'amènent à déduire les équations qui décrivent les mouvements rectilignes uniformes et uniformément accélérés, la trajectoire de la lumière et les caractéristiques d'une image. Il peut alors expliquer certains phénomènes naturels, par exemple les arcs-en-ciel les mirages et la chute d'objets, et comprendre le fonctionnement d'une application technologique comme un télescope de Newton ou un accéléromètre. De plus, comme l'expérimentation et la modélisation occupent une place centrale dans le développement des compétences et la construction de connaissances en lien avec les concepts de ce cours, l'adulte effectue plusieurs activités de laboratoire, ce qui l'amène à consolider les apprentissages faits en 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> secondaire relativement aux techniques et aux méthodes.

Au terme de ce cours, dans des situations de *Recherche* et d'*Expertise*, l'adulte sera en mesure :

- ✓ de mettre en œuvre une démarche d'investigation intégrant une expérimentation qui lui permet de résoudre un problème de cinématique ou d'optique géométrique;
- ✓ d'analyser un phénomène ou une application technologique impliquant le mouvement d'un objet ou encore la déviation de la lumière par un dioptre ou un miroir;
- ✓ de prédire la portée et la hauteur maximale d'un projectile ou la position et les caractéristiques d'une image formée par un miroir ou une lentille;
- ✓ de préparer, en étant guidé par des consignes, un protocole expérimental pour répondre à une question liée au mouvement d'un objet ou à la déviation de la lumière;
- ✓ de rédiger, à l'aide d'un canevas, un rapport de laboratoire en lien avec la cinématique ou l'optique géométrique.

## COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES

Le tableau qui suit énumère, pour chacune des compétences, les composantes étudiées dans ce cours. Les manifestations des composantes sont présentées à l'annexe 4.

<b>Compétence 1</b> <b>Chercher des réponses</b> <b>ou des solutions</b> <b>à des problèmes relevant</b> <b>de la physique</b>	<b>Compétence 2</b> <b>Mettre à profit</b> <b>ses connaissances</b> <b>en physique</b>	<b>Compétence 3</b> <b>Communiquer</b> <b>sur des questions</b> <b>de physique à l'aide</b> <b>des langages utilisés</b> <b>en science et en technologie</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cerner un problème</li> <li>▪ Élaborer un plan d'action</li> <li>▪ Concrétiser le plan d'action</li> <li>▪ Analyser les résultats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dégager les principes de physique liés à un phénomène ou à une application</li> <li>▪ Analyser des principes de physique liés à un phénomène ou à une application</li> <li>▪ Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la physique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique</li> <li>▪ Produire des messages à caractère scientifique ou technologique</li> </ul>

## DÉMARCHES

L'adulte est apte à résoudre un problème impliquant des principes de physique ainsi qu'à étudier une application ou un phénomène relevant de la cinématique ou de l'optique géométrique, grâce aux démarches d'investigation. Voici un rappel des étapes de telles démarches :

- définir le problème;
- formuler une hypothèse;
- vérifier l'hypothèse;
- tirer des conclusions et communiquer.

Les démarches d'investigation les plus appropriées à ce cours sont : la démarche expérimentale, la démarche de modélisation et la démarche d'observation. C'est à l'étape de la vérification de l'hypothèse qu'elles se distinguent. La section 3.5 et les annexes 1 à 3 présentent des démarches d'investigation, assorties de leurs caractéristiques respectives.

L'expérimentation en laboratoire inscrite dans ce cours exige que l'adulte exécute des tâches particulières, dans le respect des limites et des précisions suivantes.

Expérimentation	
Étapes	Tâches
1. Planifier une expérience	En étant guidé, l'adulte : <ul style="list-style-type: none"> <li>- rédige un protocole expérimental en physique;</li> <li>- choisit le matériel nécessaire pour faire une expérience;</li> <li>- détermine les règles de sécurité applicables, les paramètres constants et les paramètres à investiguer (variable indépendante, variable dépendante).</li> </ul>
2. Réaliser l'expérience	L'adulte : <ul style="list-style-type: none"> <li>- suit le protocole expérimental;</li> <li>- recueille des données en tenant compte de l'incertitude expérimentale;</li> <li>- applique les règles de sécurité appropriées.</li> </ul>
3. Interpréter les résultats	Dans la rédaction de son rapport, à l'aide d'un canevas, l'adulte : <ul style="list-style-type: none"> <li>- tient compte des chiffres significatifs dans le traitement des données;</li> <li>- analyse les résultats;</li> <li>- repère les sources d'erreurs;</li> <li>- discute des résultats;</li> <li>- rédige la conclusion en établissant des liens avec le problème posé.</li> </ul>

## COMPÉTENCES TRANSVERSALES

Les compétences transversales complètent les compétences disciplinaires, le développement des unes contribuant à celui des autres. Le cours PHY-5061-2 permet la mise en œuvre de l'ensemble des compétences transversales. Certaines d'entre elles, inscrites sur une trame grise dans le tableau ci-dessous, sont particulièrement visées dans l'exemple de situation d'apprentissage qui sera présenté ultérieurement dans ce cours.

Compétences transversales			
Ordre intellectuel	Ordre de la communication	Ordre personnel et social	Ordre méthodologique
Exploiter l'information	Communiquer de façon appropriée	Actualiser son potentiel	Se donner des méthodes de travail efficaces
Résoudre des problèmes		Coopérer	Exploiter les technologies de l'information et de la communication
Exercer son jugement critique			
Mettre en œuvre sa pensée créatrice			

## CONTENU DISCIPLINAIRE

### A) SAVOIRS

Les concepts et les techniques prescrits sont présentés dans les tableaux des deux sections suivantes.

#### 1. Concepts

Les connaissances inscrites en italiques ont été construites dans les programmes de science et technologie et doivent être de nouveau mobilisées dans ce cours.

UNIVERS MATÉRIEL	
<b>Concept général : Cinématique</b>	
<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, qui demeure relatif à un système de référence choisi. 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. 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 relatives aux changements étudiés. Des liens sont établis entre les équations du mouvement et leur représentation graphique. On peut de plus, à partir de l'interprétation d'un seul graphique, déduire les deux autres. Les changements de position, les vitesses et les accélérations sont considérés comme des grandeurs vectorielles et les opérations sur celles-ci doivent être maîtrisées. Les mouvements complexes, comme celui des projectiles, sont décomposés en mouvements plus simples.</p>	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Mouvement rectiligne uniforme - Relation entre la vitesse, la distance et le temps  Changements de vitesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Décrire qualitativement la relation entre la vitesse, la distance et le temps.</i></li> <li>• <i>Appliquer la relation mathématique entre la vitesse constante, la distance et le temps (<math>v = d / \Delta t</math>).</i></li> <li>• <i>Identifier des mécanismes permettant des variations de vitesse dans la conception d'objets techniques.</i></li> </ul>
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Système de référence Mouvement rectiligne uniforme - Relation entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps  - Déplacement et distance parcourue	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choisir un système de référence approprié à la situation.</li> <li>• Expliquer qualitativement et à l'aide d'un graphique la relation entre la position d'un objet par rapport à l'origine (déplacement), sa vitesse et le temps pendant lequel il est en mouvement.</li> <li>• Appliquer la relation mathématique entre la position par rapport à l'origine, la vitesse et le temps (<math>\Delta s = v \Delta t</math>) dans une situation donnée.</li> <li>• Distinguer le déplacement de la distance parcourue.</li> </ul>

<b>Cinématique (Suite)</b>	
<b>CONCEPTS PRESCRITS</b>	<b>CONNAISSANCES À CONSTRUIRE</b>
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>- Chute libre</li> <li>- Mouvement d'un corps sur un plan incliné</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expliquer qualitativement et à l'aide d'un graphique la relation entre l'accélération d'un corps, la variation de sa vitesse et le temps pendant lequel elle varie.</li> <li>• Appliquer la relation mathématique entre l'accélération, la variation de la vitesse et le temps (<math>a = \Delta v / \Delta t</math>) dans une situation donnée.</li> <li>• Expliquer qualitativement et à l'aide d'un graphique la relation entre l'accélération d'un corps, la distance qu'il a parcourue et le temps écoulé.</li> <li>• Appliquer la relation mathématique entre l'accélération, la distance parcourue et le temps (<math>\Delta s = v_i \Delta t + 1/2 a \Delta t^2</math>) dans une situation donnée.</li> <li>• Expliquer la distinction entre vitesse moyenne et vitesse instantanée.</li> <li>• Déterminer la vitesse instantanée d'un objet.</li> <li>• Déterminer la vitesse moyenne d'un objet.</li> <li>• Expliquer qualitativement et à l'aide d'un graphique le mouvement d'un corps en chute libre (position, déplacement, vitesse moyenne, vitesse instantanée, accélération).</li> <li>• Déterminer la position, le déplacement, la vitesse moyenne, la vitesse instantanée ou l'accélération d'un corps en chute libre.</li> <li>• Expliquer qualitativement et à l'aide d'un graphique le mouvement d'un corps sur un plan incliné (position, déplacement, vitesse moyenne, vitesse instantanée, accélération).</li> <li>• Déterminer la position, le déplacement, la vitesse instantanée, la vitesse moyenne ou l'accélération d'un corps sur un plan incliné.</li> <li>• Expliquer le mouvement d'un projectile (combinaison d'un mouvement rectiligne uniforme et d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré).</li> <li>• Déterminer la position, le déplacement, le temps écoulé ou la vitesse instantanée d'un projectile.</li> </ul>
Mouvement des projectiles	

**Concept général : Optique géométrique**

Des notions relatives à la déviation de la lumière ont déjà été abordées au début du deuxième cycle. Dans le présent programme, l'accent est mis sur l'optique géométrique. Elle porte sur les 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 et les lentilles. Elle s'appuie sur le concept de rayon lumineux, une construction théorique indiquant la direction de la propagation de la lumière.

Les lois énoncées par Snell et Descartes permettent de prédire, de façon qualitative et quantitative, 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. L'une de ces lois permet de calculer l'indice de réfraction de chaque milieu transparent traversé par la lumière.

La réflexion et la réfraction sont associées à 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. Les manipulations seront 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.

**Note** : Le grossissement ne sera pas considéré.

CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Déviation des ondes lumineuses  Foyer d'une lentille  Récepteurs sensoriels (Oeil)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire la façon dont les rayons lumineux sont déviés par une surface réfléchissante plane.</li> <li>• Déterminer l'angle de réflexion d'un rayon lumineux à la surface d'un miroir plan.</li> <li>• Décrire la façon dont les rayons lumineux sont déviés lorsqu'ils traversent la surface d'une substance translucide convexe ou concave.</li> <li>• Déterminer la position du foyer d'une lentille concave et d'une lentille convexe.</li> <li>• Décrire le lien entre la position du foyer d'une lentille et le degré de déviation des rayons lumineux dans diverses situations (ex. : accommodation du cristallin, choix de verres correcteurs).</li> <li>• Identifier les principales parties de l'œil impliquées dans la vision (iris, cornée, cristallin, rétine).</li> <li>• Décrire la fonction des principales parties de l'œil.</li> </ul>
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Lois de Snell-Descartes (réflexion) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayon incident et rayon réfléchi</li> <li>- Angle d'incidence et angle de réflexion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir un rayon lumineux comme étant une construction théorique indiquant la direction de la propagation de la lumière.</li> <li>• Identifier les rayons incident et réfléchi sur une représentation schématique ou dans une situation réelle.</li> <li>• Distinguer la réflexion diffuse de la réflexion spéculaire dans diverses situations.</li> <li>• Mesurer les angles d'incidence et de réflexion sur une représentation schématique ou de façon expérimentale.</li> <li>• Expliquer un phénomène, de manière qualitative et quantitative, à l'aide de la loi de la réflexion (ex. : déterminer la hauteur minimale d'un miroir qui permet de voir son corps en entier).</li> </ul>

Optique géométrique ( <i>Suite</i> )	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Lois de Snell-Descartes (réfraction) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayon incident et rayon réfracté</li> <li>- Angle d'incidence et angle de réfraction</li> <li>- Indice de réfraction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifier les rayons incident et réfracté sur une représentation schématique ou dans une situation réelle.</li> <li>• Mesurer les angles d'incidence et de réfraction sur une représentation schématique ou de manière expérimentale.</li> <li>• Définir l'indice de réfraction d'un milieu comme étant le rapport entre la vitesse de propagation de la lumière dans ce milieu par rapport à sa vitesse dans le vide (<math>n = c/v</math>).</li> <li>• Déterminer de façon expérimentale ou mathématique l'indice de réfraction de divers milieux.</li> <li>• Expliquer un phénomène de façon qualitative et quantitative à l'aide de la loi de la réfraction (<math>n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2</math>) (ex. : paille dans un verre d'eau).</li> <li>• Expliquer le phénomène de réflexion totale interne (ex. : mirage, fibre optique).</li> </ul>
Images <ul style="list-style-type: none"> <li>- Types d'images (réelle, virtuelle)</li> <li>- Caractéristiques de l'image (grandissement, position)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expliquer la distinction entre image réelle et image virtuelle.</li> <li>• Décrire de façon qualitative les caractéristiques de l'image obtenue dans une situation donnée (miroirs et lentilles).</li> <li>• Appliquer les relations mathématiques qui permettent de déterminer la position et la grandeur d'un objet ou de son image dans le cas des miroirs ou des lentilles (<math>G_r = h_i/h_o = -d_i/d_o = -q/p = l_i/l_f = l_i/l_o</math> ; <math>1/l_f = 1/d_i + 1/d_o</math>).</li> </ul>

## 2. Techniques

Les techniques présentées ici sont réparties en deux catégories. Plusieurs de ces techniques requièrent l'utilisation d'instruments ou la manipulation d'objets. La sécurité et l'utilisation de l'équipement de sécurité doivent demeurer une préoccupation constante pour les utilisateurs.

Au laboratoire	
TECHNIQUES	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
<p><b>Manipulation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire</li> <li>• Utilisation d'instruments d'observation</li> </ul> <p><b>Mesure</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure</li> <li>• Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, erreurs liées aux mesures)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliser le matériel de laboratoire de façon sécuritaire (ex. : manipulation adéquate de laser afin d'éviter de recevoir le faisceau dans les yeux, tenir compte de la température élevée de la source-objet et de la boîte à rayon lors de leur utilisation).</li> <li>• Utiliser de façon adéquate un instrument d'observation (ex. : écran, bassin semi-circulaire, ruban enregistreur, caméra numérique).</li> <li>• Effectuer plusieurs fois la même mesure afin de vérifier la fidélité de l'instrument utilisé.</li> <li>• Effectuer les opérations requises afin de s'assurer de la justesse d'un instrument de mesure (ex. : à partir d'une lentille de distance focale connue, vérifier si un montage permet d'obtenir la même valeur de distance focale).</li> <li>• Choisir un instrument de mesure en tenant compte de la sensibilité de l'instrument (ex. : utiliser un banc d'optique plutôt qu'une installation sommaire pour mesurer les différentes positions et distances, utiliser un chronomètre à étincelles précis au 1/32 de seconde plutôt qu'un chronomètre manuel soumis aux réflexes de l'expérimentateur).</li> <li>• Déterminer l'incertitude attribuable à un instrument de mesure (ex : la mesure effectuée à l'aide d'une règle métrique ou d'un rapporteur d'angles correspond à la moitié de la plus petite graduation).</li> <li>• Repérer les erreurs de mesure associées à l'utilisateur et à l'environnement.</li> <li>• Exprimer un résultat avec un nombre de chiffres significatifs qui tient compte des erreurs de (ex : une mesure située entre 10,3 et 10,4 cm, effectuée avec une règle graduée en millimètres, devrait s'écrire 10,35 cm ou 103,5 mm).</li> <li>• Exprimer la valeur d'une mesure assortie de son incertitude absolue ou relative (ex. : <math>24,1 \pm 0,1 \text{ cm}^3</math>, ou <math>24,1 \text{ cm}^3 \pm 0,4 \%</math>).</li> </ul>

## B) REPÈRES CULTURELS

Les repères culturels rendent les situations d'apprentissages plus significatives. Le tableau qui suit présente un certain nombre de ces repères, en lien avec le cours. Les situations d'apprentissage peuvent faire appel à d'autres repères culturels.

Repères culturels				
Objets techniques, systèmes technologiques, procédés et produits	<p><u>Cinématique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instruments de mesure de la vitesse (cinémomètre radar, stroboscope, chronomètre, etc.)</li> <li>- Moyens de transport</li> <li>- Ascenseur</li> <li>- Balistique</li> <li>- Projectiles (balle, ballon)</li> <li>- Fusée</li> <li>- Animation par ordinateur</li> </ul> <p><u>Optique géométrique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mirage et illusion d'optique</li> <li>- Arc-en-ciel</li> <li>- Verres correcteurs et lentilles de contact</li> <li>- Photographie</li> <li>- Numéro de prestidigitation</li> <li>- Rétroviseurs</li> <li>- Instruments d'observation (microscope, télescope, jumelles, etc.)</li> <li>- Fibre optique</li> <li>- Rétroprojecteur, cinématographe et kaléidoscope</li> </ul>			
Univers	Hommes et femmes de science	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Matériel	Isaac Newton Pierre Varignon Joseph Louis Lagrange Sofia Brahe René Descartes Willebrord Snell Galileo Galilei Louis et Auguste Lumière	Association canadienne francophone pour l'avancement de la science (ACFAS) Agence spatiale canadienne (ASC) Écoles et facultés de génie Ministère des Transports du Québec Observatoire du mont Mégantic Planétarium de Montréal Musées à caractère scientifique et technologique Clubs de loisirs scientifiques Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ) Documents de la Société de l'assurance automobile du Québec intitulés : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>La mécanique prend la route</i></li> <li>- <i>L'optique prend la route</i></li> </ul>		Expositions universelles Expositions scientifiques

## FAMILLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Les situations d'apprentissage de ce cours, issues des familles *Recherche* et *Expertise*, sont liées aux mouvements des corps ou à la déviation de rayons lumineux. Les paragraphes suivants contiennent des exemples de tâches que l'adulte peut effectuer dans des situations d'apprentissage faisant appel à différents concepts.

À partir d'une situation se rapportant au mouvement d'un projectile projeté par une rampe de lancement, l'adulte peut être appelé à déterminer l'angle d'inclinaison de la rampe ainsi que la vitesse initiale du projectile, par exemple une balle, pour qu'elle atteigne une cible.

Dans une situation impliquant la loi de la réfraction et la formation d'images, l'adulte peut être amené à comprendre comment le cristallin de l'œil humain fonctionne, ou comment certains problèmes de vision peuvent être corrigés à l'aide de lentilles appropriées. Pour s'acquitter de ces tâches, il peut déterminer, en laboratoire, la vergence de différentes lentilles, modéliser les principaux rayons lumineux pour les lentilles convergente et divergente ou observer les caractéristiques des images formées.

Pour une situation fictive reliée à l'astronomie, l'adulte peut déterminer la vitesse de déplacement d'un météorite observé à l'aide d'un puissant télescope afin de déterminer le lieu et le moment de l'impact avec la Terre. Il devra considérer l'agrandissement du télescope, la décélération que le météorite subit lors de son entrée dans l'atmosphère ainsi que l'accélération gravitationnelle.

Dans l'exemple de situation d'apprentissage de la page suivante, les principales tâches visent à soutenir le développement des première et troisième compétences. Cette situation appartient donc à la famille *Recherche*.

## DOMAINES GÉNÉRAUX DE FORMATION

Les situations d'apprentissage sont plus signifiantes pour l'adulte lorsqu'elles sont liées par leur contexte aux domaines généraux de formation. Les domaines généraux *Santé et bien-être*, *Orientation et entrepreneuriat* ainsi qu'*Environnement et consommation* sont les plus susceptibles d'être exploités pour créer des situations d'apprentissage pour le cours PHY-5061-2. L'exemple ci-dessous rejoint l'intention éducative du domaine général de formation *Santé et bien-être*.

Domaines généraux de formation
Santé et bien-être
Orientation et entrepreneuriat
Environnement et consommation
Médias
Vivre-ensemble et citoyenneté

## EXEMPLE DE SITUATION D'APPRENTISSAGE

### ATTENTION AUX ANGLES MORTS

Un ami qui a entrepris un cours de conduite vous confie à quel point il est stressé. Il ne comprend pas très bien le principe de l'angle mort auquel son instructeur fait référence quand il change de voie. En montant dans la voiture qu'il conduit, vous vous rendez compte que ses miroirs sont mal positionnés. Vous devez lui expliquer le principe de l'angle mort à l'aide du phénomène de réflexion. Votre tâche consiste à énumérer les miroirs présents et leurs caractéristiques, puis à optimiser leur position afin de réduire les angles morts. Il s'agit de démontrer l'efficacité du positionnement optimal à l'aide du concept de champs de vision et d'un schéma de la situation, tracé à l'échelle. Enfin, vous lui indiquerez une façon d'évaluer le temps à sa disposition pour changer de voie en fonction d'une auto qui s'approche et qu'il aperçoit dans le champ de vision du miroir gauche.

Vous serez amené à concevoir un protocole permettant d'expérimenter le champ de vision dans des miroirs plans et courbes. À l'aide de l'auto de votre ami, vous déterminerez les positions optimales des miroirs et évaluerez la distance qu'une auto provenant de la voie de gauche doit parcourir entre son apparition dans le champ de vision du miroir gauche et son arrivée à égalité avec votre voiture. Vous rédigerez par la suite un rapport de laboratoire sur la question. Ainsi, vous serez en mesure de tracer un schéma à l'échelle de la voiture munie de miroirs dans laquelle un passager a pris place et de déterminer clairement le champ de vision du conducteur ainsi que les angles morts que vous relevez. Il s'agit ensuite de déterminer le temps à votre disposition en fonction de la vitesse relative des voitures avant qu'une auto vous rattrape. Finalement, vous devrez faire des recommandations à votre ami en ce qui concerne la position des miroirs et le temps disponible (déterminé par estimation) pour faire un dépassement, preuves scientifiques à l'appui.

Production attendue :

- liste des miroirs présents et de leurs caractéristiques;
- rapport de laboratoire sur les champs de vision des miroirs d'une auto;
- schéma à l'échelle de la situation avec position des miroirs optimisée;
- calculs des distances et du temps disponible pour faire un dépassement en fonction de la vitesse relative des véhicules;
- explication des résultats d'optimisation pour les différents miroirs;
- recommandation quant à la façon d'estimer le temps disponible pour faire un dépassement.

### ATTENTES DE FIN DE COURS

Le traitement des situations d'apprentissage suppose que l'adulte s'approprié une démarche d'investigation faisant appel à l'observation, à l'expérimentation ou à la modélisation. En physique, de telles situations permettent la mise en œuvre des habiletés de résolution de problème, l'utilisation de ses connaissances et la production de messages.

L'adulte amené à résoudre un problème relatif au mouvement d'un corps ou à la déviation de la trajectoire de la lumière se donne une représentation du problème à la suite de la lecture et de l'interprétation de messages à caractère scientifique et technologique. Il élabore un plan d'action adapté à l'une de ses hypothèses, exploitant ainsi sa connaissance de la cinématique ou de l'optique. Il est orienté dans la rédaction d'un protocole expérimental et la détermination des paramètres constants, de la variable indépendante et de la variable dépendante. Il met en œuvre un plan d'action en menant des activités au laboratoire, recueille des données en tenant compte de l'incertitude expérimentale liée à la précision de l'instrument de mesure utilisé et applique les règles de sécurité appropriées. À l'aide d'un canevas, il traite les données, analyse les résultats et rédige la discussion et la conclusion de l'expérience. S'il y a lieu, son rapport fait mention des sources d'erreurs pouvant expliquer l'écart entre ses résultats et ceux que la théorie prédit.

L'adulte qui étudie un phénomène ou une application technologique en relation avec la cinématique ou l'optique formule des questions liées aux aspects contextuels et fait ressortir les principes de physique qui s'y manifestent. À l'aide de schémas, de concepts, de lois, de théories ou de modèles, il explique l'intervention de la cinématique ou de l'optique dans l'expression de certains phénomènes ou le fonctionnement de l'application. Ainsi, il calcule la position, la vitesse et l'accélération d'un corps ou la portée et la hauteur maximale d'un projectile à l'aide des équations de mouvements, il illustre la formation d'une image par un miroir ou une lentille à l'aide du tracé des rayons lumineux principaux, ou encore il détermine la position et les caractéristiques de l'image à l'aide des relations entre les triangles semblables. Enfin, l'adulte démontre sa compréhension des principes de physique en décrivant l'effet de la variation de certains paramètres initiaux et en transposant son explication à d'autres phénomènes ou applications régis par ces mêmes principes.

### CRITÈRES D'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES VISÉES PAR LE COURS

Critères d'évaluation de la compétence 1	Critères d'évaluation de la compétence 2	Critères d'évaluation de la compétence 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Représentation adéquate de la situation</li> <li>▪ Élaboration d'un plan d'action pertinent</li> <li>▪ Mise en œuvre adéquate du plan d'action</li> <li>▪ Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formulation d'un questionnement approprié</li> <li>▪ Utilisation pertinente des connaissances en physique</li> <li>▪ Production adéquate d'explications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique</li> <li>▪ Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique</li> </ul>

Cours  
**PHY-5062-2**  
Dynamique et transformation  
de l'énergie mécanique

Programme d'études





**PRÉSENTATION DU COURS**

Le but du cours *Dynamique et transformation de l'énergie mécanique* est de rendre l'adulte apte à traiter efficacement des situations des familles *Recherche* et *Expertise*, qui concernent l'application de forces sur un corps, le concept de travail ou celui d'énergie mécanique.

L'adulte inscrit à ce cours étudie des phénomènes ou des applications technologiques en lien avec les concepts de la dynamique ou de la transformation de l'énergie mécanique, et il cherche des solutions à des problèmes qui relèvent de cette partie de la physique. Il doit donc acquérir des connaissances sur les notions de travail et de puissance qui ont, en physique, un sens différent de celui communément employé. Il approfondit sa connaissance des différents types de forces et du principe de conservation de l'énergie vus en 4<sup>e</sup> secondaire. Ces connaissances le conduisent à expliquer les facteurs responsables de la manifestation de certains phénomènes — par exemple le dégagement de chaleur dans un système de freinage ou l'atteinte d'une vitesse de chute constante en parachute —, et lui permettent de comprendre le fonctionnement d'une application technologique comme un pèse-personne ou un amortisseur de voiture. De plus, comme l'expérimentation et la modélisation occupent une place centrale dans le développement des compétences et la construction de connaissances en lien avec les concepts de ce cours, l'adulte effectue plusieurs activités au laboratoire destinées à lui faire exercer, de manière autonome, des habiletés particulières liées aux techniques et aux méthodes.

Au terme de ce cours, dans des situations de *Recherche* et d'*Expertise*, l'adulte est en mesure :

- ✓ de mettre en œuvre une démarche d'investigation intégrant une expérimentation qui lui permet de résoudre un problème lié à l'application de plusieurs forces sur un corps ainsi qu'aux aspects énergétiques qui lui sont associés;
- ✓ d'analyser un phénomène ou une application technologique liés aux concepts de force et d'énergie mécanique;
- ✓ de prédire les conséquences de l'application d'une force sur un corps à l'aide des lois de Newton;
- ✓ de vérifier le principe de conservation de l'énergie mécanique dans un phénomène ou une application;
- ✓ de suivre un protocole expérimental qu'il a lui-même préparé et qui traite de l'action d'une ou plusieurs forces sur un corps sous l'angle ou non de l'énergie mécanique en cause;
- ✓ de rédiger un rapport de laboratoire portant sur l'action d'une ou plusieurs forces sur un corps sous l'angle ou non de l'énergie mécanique en cause.

## COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES

Le tableau qui suit énumère, pour chacune des compétences, les composantes étudiées dans ce cours. Les manifestations des composantes sont présentées à l'annexe 4.

<b>Compétence 1</b> <b>Chercher des réponses</b> <b>ou des solutions</b> <b>à des problèmes relevant</b> <b>de la physique</b>	<b>Compétence 2</b> <b>Mettre à profit</b> <b>ses connaissances</b> <b>en physique</b>	<b>Compétence 3</b> <b>Communiquer</b> <b>sur des questions</b> <b>de physique à l'aide</b> <b>des langages utilisés</b> <b>en science et technologie</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cerner un problème</li> <li>▪ Élaborer un plan d'action</li> <li>▪ Concrétiser le plan d'action</li> <li>▪ Analyser les résultats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dégager les principes de physique liés à un phénomène ou à une application</li> <li>▪ Analyser des principes de physique liés à un phénomène ou à une application</li> <li>▪ Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la physique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interpréter des messages à caractère scientifique ou technologique</li> <li>▪ Produire des messages à caractère scientifique ou technologique</li> </ul>

## DÉMARCHES

L'adulte est apte à résoudre un problème impliquant des principes de physique ainsi qu'à étudier une application ou un phénomène relevant de la transformation de l'énergie mécanique ou de l'application de forces sur un corps grâce aux démarches d'investigation. Voici un rappel des étapes de telles démarches :

- définir le problème;
- formuler une hypothèse;
- vérifier l'hypothèse;
- tirer des conclusions et communiquer.

Les démarches d'investigation les plus appropriées à ce cours sont : la démarche expérimentale, la démarche de modélisation et la démarche d'observation. C'est à l'étape de la vérification de l'hypothèse qu'elles se distinguent. La section 3.5 et les annexes 1 à 3 présentent les démarches d'investigation, assorties de leurs caractéristiques respectives.

L'expérimentation en laboratoire inscrite dans ce cours exige l'exécution de tâches particulières, dans le respect des limites et des précisions suivantes.

Expérimentation	
Étapes	Tâches
1. Planifier une expérience	L'adulte : <ul style="list-style-type: none"> <li>– rédige un protocole expérimental en physique;</li> <li>– choisit le matériel nécessaire pour faire une expérience;</li> <li>– détermine les règles de sécurité applicables, les paramètres constants et les paramètres à investiguer (variables indépendante et dépendante).</li> </ul>
2. Réaliser l'expérience	L'adulte : <ul style="list-style-type: none"> <li>– suit le protocole rédigé et l'ajuste au besoin;</li> <li>– prend des mesures en tenant compte de l'incertitude expérimentale;</li> <li>– applique les règles de sécurité appropriées.</li> </ul>
3. Interpréter les résultats	Dans la rédaction de son rapport, l'adulte : <ul style="list-style-type: none"> <li>– tient compte des chiffres significatifs dans le traitement des données;</li> <li>– analyse les résultats;</li> <li>– estime l'erreur maximale de mesure associée à l'utilisateur et à l'environnement;</li> <li>– discute des résultats;</li> <li>– rédige la conclusion en établissant des liens avec le problème posé.</li> </ul>

## COMPÉTENCES TRANSVERSALES

Les compétences transversales complètent les compétences disciplinaires, le développement des unes contribuant au développement des autres. Le cours PHY-5062-2 permet de mettre en œuvre l'ensemble des compétences transversales. Certaines d'entre elles, inscrites sur une trame grise dans le tableau ci-dessous, sont particulièrement visées dans l'exemple de situation d'apprentissage présenté pour les besoins du cours.

Compétences transversales			
Ordre intellectuel	Ordre de la communication	Ordre personnel et social	Ordre méthodologique
Exploiter l'information	Communiquer de façon appropriée	Actualiser son potentiel	Se donner des méthodes de travail efficaces
Résoudre des problèmes		Coopérer	Exploiter les technologies de l'information et de la communication
Exercer son jugement critique			
Mettre en œuvre sa pensée créatrice			

## CONTENU DISCIPLINAIRE

### A) SAVOIRS

Les concepts et les techniques prescrits sont présentés dans les tableaux des deux sections suivantes.

#### 1. Concepts

Les connaissances inscrites en italiques ont été construites dans les programmes d'études de science et technologie et doivent être de nouveau mobilisées dans ce cours.

Univers matériel	
<p><b>Concept général : Dynamique</b></p> <p>La dynamique s'intéresse aux causes de la variation du mouvement. 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 qui ont trait au système de forces considéré. 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>	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT
Adhérence et frottement entre les pièces	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Décrire les avantages et les inconvénients liés à l'adhérence et au frottement entre les pièces dans un objet technique.</i></li> </ul>
Contraintes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Décrire les contraintes auxquelles sont soumis divers objets techniques : traction, compression, torsion, flexion, cisaillement (ex. : un tremplin est soumis à des contraintes de flexion).</i></li> </ul>
Pression	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Définir la pression comme étant la force exercée par les particules lorsqu'elles entrent en collision avec une surface contraignante.</i></li> </ul>
Relation entre la masse et le poids	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Décrire qualitativement la relation entre la masse et le poids.</i></li> <li>• <i>Appliquer la relation mathématique entre la masse et le poids (<math>F_g = mg</math>).</i></li> </ul>
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Lois de Newton	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire, de manière qualitative, la loi d'inertie (1<sup>re</sup> loi de Newton).</li> <li>• Décrire, de façon qualitative, la relation entre la force appliquée sur un corps, sa masse et son accélération (2<sup>e</sup> loi de Newton).</li> <li>• Appliquer la relation mathématique entre la force appliquée, la masse et l'accélération (<math>F = ma</math>).</li> <li>• Décrire, de manière qualitative, le principe d'action-réaction (3<sup>e</sup> loi de Newton).</li> <li>• Expliquer un phénomène ou le fonctionnement d'un objet technique à l'aide des lois de Newton.</li> </ul>
Force centripète	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expliquer qualitativement l'effet d'une force centripète sur un corps en mouvement.</li> </ul>
Diagramme de corps libre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Représenter, à l'aide de vecteurs, les forces qui s'exercent sur un corps.</li> </ul>

<b>Dynamique (Suite)</b>	
<b>CONCEPTS PRESCRITS</b>	<b>CONNAISSANCES À CONSTRUIRE</b>
Équilibre et résultante de plusieurs forces	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déterminer la grandeur et l'orientation du vecteur associé à la force résultante d'un système de forces.</li> <li>Déterminer la grandeur et l'orientation du vecteur associé à la force équilibrante d'un système de forces.</li> </ul>
Force de frottement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expliquer les effets possibles d'une force de frottement (ralentir, arrêter ou empêcher le mouvement d'un corps).</li> <li>Nommer des facteurs qui modifient la grandeur de la force de frottement pour une situation donnée (ex. : nature des surfaces en contact, forme d'un corps qui se déplace dans un fluide).</li> <li>Déterminer la valeur de la force de frottement dans une situation donnée (force de frottement = force motrice - force résultante).</li> </ul>
Accélération gravitationnelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comparer les valeurs moyennes de l'accélération gravitationnelle terrestre et lunaire (<math>9,8 \text{ m/s}^2</math> sur Terre, <math>1,6 \text{ m/s}^2</math> sur la Lune).</li> </ul>
Force gravitationnelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Associer la chute libre d'un corps à l'effet de la force gravitationnelle.</li> <li>Associer la force gravitationnelle d'un corps à son poids.</li> <li>Déterminer la composante de la force gravitationnelle parallèle au déplacement d'un corps (ex. : plan incliné).</li> </ul>
Loi de Hooke	<ul style="list-style-type: none"> <li>Décrire de manière qualitative la relation entre la force appliquée sur un ressort hélicoïdal et la variation de sa longueur.</li> <li>Appliquer la relation mathématique qui unit la force appliquée, la constante d'élasticité et l'allongement d'un ressort hélicoïdal (<math>F=k\ell</math>).</li> </ul>
Force efficace	<ul style="list-style-type: none"> <li>Définir la force efficace comme étant la composante de la force appliquée qui est exercée parallèlement au déplacement.</li> <li>Déterminer graphiquement la grandeur de la force efficace dans une situation donnée.</li> </ul>
<p><b>Concept général : 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. Le présent programme permet de les réinvestir dans d'autres contextes. Que ce soit par l'étude d'une application comprenant un ressort, une machine simple ou 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>	
<b>CONCEPTS PRESCRITS</b>	<b>CONNAISSANCES CONSTRUITES ANTÉRIEUREMENT</b>
Formes d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Décrire les formes d'énergie chimique, thermique, mécanique et rayonnante.</li> <li>Définir le joule comme étant l'unité de mesure de l'énergie.</li> <li>Expliquer qualitativement la loi de la conservation de l'énergie.</li> </ul>
Loi de la conservation de l'énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Appliquer la loi de la conservation de l'énergie dans divers contextes.</li> </ul>
Rendement énergétique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Définir le rendement énergétique d'un appareil ou d'un système comme étant la proportion de l'énergie consommée qui est transformée en travail efficace (<math>\text{quantité d'énergie utile} / \text{quantité d'énergie consommée} \times 100</math>).</li> </ul>

Transformation de l'énergie (Suite)	
CONCEPTS PRESCRITS	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
Relation entre puissance et énergie électrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire qualitativement la relation entre l'énergie électrique consommée par un appareil, sa puissance et son temps d'utilisation.</li> <li>• Appliquer la relation mathématique entre l'énergie électrique consommée, la puissance d'un appareil électrique et le temps d'utilisation (<math>E = P\Delta t</math>).</li> </ul>
Énergie mécanique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expliquer qualitativement une transformation d'énergie mécanique dans une situation donnée (ex. : un manège en mouvement).</li> <li>• Appliquer les relations mathématiques associées à l'énergie cinétique, aux types d'énergie potentielle (gravitationnelle, élastique), au travail et à la chaleur.</li> <li>• Analyser quantitativement une transformation d'énergie mécanique dans une situation donnée.</li> </ul>
Relation entre le travail, la force et le déplacement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire, de manière qualitative, la relation entre le travail, la force appliquée sur un corps et son déplacement.</li> <li>• Appliquer la relation mathématique qui unit le travail, la force efficace et le déplacement (<math>W = F\Delta S</math>).</li> </ul>
Relation entre l'énergie, la constante d'élasticité et la variation de la longueur d'un ressort hélicoïdal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expliquer, de manière qualitative, la relation entre l'énergie d'un ressort hélicoïdal, sa constante d'élasticité et la variation de sa longueur dans une situation donnée (ex. : des ressorts de matelas).</li> <li>• Appliquer la relation mathématique qui unit l'énergie, la constante d'élasticité et la variation de longueur dans une situation donnée (<math>E = \frac{1}{2} k\ell^2</math>).</li> </ul>
Relation entre la puissance, le travail et le temps	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expliquer de manière qualitative, la relation entre la puissance d'un système, le travail accompli et sa durée (ex. : une voiture de course).</li> <li>• Appliquer la relation mathématique entre la puissance, le travail et le temps (<math>P = W/\Delta t</math>).</li> </ul>
Relation entre le travail et l'énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire, de manière qualitative, la relation qui unit le travail effectué sur un corps et sa variation d'énergie.</li> <li>• Appliquer la relation mathématique entre le travail et l'énergie (<math>W = \Delta E</math>).</li> </ul>
Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération gravitationnelle et le déplacement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire, de manière qualitative, la relation entre l'énergie potentielle d'un corps, sa masse, l'accélération gravitationnelle et son déplacement.</li> <li>• Appliquer la relation mathématique qui unit l'énergie potentielle, la masse, l'accélération gravitationnelle et le déplacement (<math>E_p = mgh</math>).</li> </ul>
Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire, de manière qualitative, la relation entre l'énergie cinétique d'un corps, sa masse et sa vitesse.</li> <li>• Appliquer la relation mathématique qui unit l'énergie cinétique, la masse et la vitesse (<math>E_k = \frac{1}{2} mv^2</math>).</li> </ul>

## 2. Techniques

Les techniques présentées ici sont réparties en deux catégories. Plusieurs de ces techniques requièrent l'utilisation d'instruments ou la manipulation d'objets. La sécurité et l'utilisation de l'équipement de sécurité doivent demeurer une préoccupation constante pour les utilisateurs

Au laboratoire	
TECHNIQUES	CONNAISSANCES À CONSTRUIRE
<p><b>Manipulation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire</li> <li>Utilisation d'instruments d'observation</li> </ul> <p><b>Mesure</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vérification de la fidélité, de la justesse et de la sensibilité des instruments de mesure</li> <li>Interprétation des résultats de la mesure (chiffres significatifs, erreurs liées aux mesures)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliser le matériel de laboratoire de façon sécuritaire (ex. : s'assurer d'avoir la voie libre durant l'utilisation de masses, protéger le sol au cours de l'étude de la chute libre).</li> <li>Utiliser de façon adéquate un instrument d'observation (ex. : table de force, caméra numérique).</li> <li>Effectuer plusieurs fois la même mesure afin de vérifier la fidélité de l'instrument utilisé.</li> <li>Effectuer les opérations nécessaires pour s'assurer de la justesse d'un instrument de mesure (ex. : calibration d'un dynamomètre).</li> <li>Choisir un instrument de mesure en tenant compte de la sensibilité de l'instrument (ex. : utiliser un chronomètre à étincelles précis au 1/15 de seconde plutôt qu'un chronomètre manuel qui dépend des réflexes de l'expérimentateur, choisir un dynamomètre en fonction des forces à mesurer).</li> <li>Déterminer l'incertitude attribuable à un instrument de mesure (ex : l'incertitude attribuée à un chronomètre numérique correspond à la plus petite division, l'incertitude attribuable à une règle métrique correspond à la moitié de la plus petite graduation).</li> <li>Estimer les erreurs de mesure associées à l'utilisateur et à l'environnement.</li> <li>Exprimer un résultat avec un nombre de chiffres significatifs qui tient compte des erreurs de mesure (ex. : une mesure située entre 10,3 et 10,4 cm, effectuée avec une règle graduée en millimètres, devrait s'écrire 10,35 cm ou 103,5 mm).</li> <li>Exprimer la valeur d'une mesure avec son incertitude absolue ou relative (ex. : <math>24,1 \pm 0,1 \text{ cm}^3</math>, ou <math>24,1 \text{ cm}^3 \pm 0,4 \%</math>).</li> </ul>

## B) REPÈRES CULTURELS

Les repères culturels rendent les situations d'apprentissages plus significatives. Le tableau qui suit présente un certain nombre de ces repères, en lien avec le cours. Les situations d'apprentissage peuvent faire appel à d'autres repères culturels.

Repères culturels				
Objets techniques, systèmes technologiques, procédés et produits.	Dynamique et transformation de l'énergie mécanique <ul style="list-style-type: none"> <li>- Signalisation routière</li> <li>- Ascenseur</li> <li>- Fusée</li> <li>- Parachutisme</li> <li>- Saut à l'élastique (<i>bungee jumping</i>)</li> <li>- Éléments d'aérodynamisme (aileron de voiture, ailes d'avion, etc.)</li> <li>- Balance et pèse-personne</li> <li>- Équipement de sécurité dans le sport et le travail (casque, protecteurs divers)</li> <li>- Appareils de conditionnement physique</li> <li>- Hélices (bateau, éolienne, avion, etc.)</li> <li>- Tectonique des plaques</li> <li>- Apesanteur</li> <li>- Satellite géostationnaire</li> <li>- Ouvrages de génie civil (pont, tour, bâtiment, barrage, route, etc.)</li> <li>- Systèmes automobiles (freinage ABS, amortisseur, etc.)</li> <li>- Montagnes russes et manège</li> <li>- Pendule</li> <li>- Trébuchet</li> <li>- Moyens de locomotion (automobile, avion, bateau, train, etc.)</li> <li>- Turbines (centrales électriques, avion à réaction, etc.)</li> <li>- Simulateur</li> </ul>			
Univers	Hommes et femmes de science	Ressources du milieu	Intervention humaine	Événement
Matériel	Isaac Newton Archimède Robert Hooke James Joule James Watt Johannes Kepler	Association canadienne francophone pour l'avancement de la science (ACFAS) Agence spatiale canadienne (ASC) Écoles et facultés de génie Ministère des Transports du Québec Planétarium de Montréal Musées à caractère scientifique et technologique Clubs de loisirs scientifiques Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ)  Document de la Société de l'assurance automobile du Québec intitulé : <i>La mécanique prend la route</i>		Expositions universelles Expositions scientifiques Prix Nobel de Physique Défis d'ingénierie

## FAMILLES DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Les situations d'apprentissage du présent cours, issues des familles *Recherche* et *Expertise*, sont liées aux effets de l'application d'une ou de plusieurs forces sur un corps et à des questions d'énergie mécanique. Les paragraphes suivants donnent des exemples de tâches que l'adulte peut être amené à effectuer.

À partir d'une situation impliquant l'équilibre des forces et la force centripète, l'adulte peut être appelé à expliquer, en utilisant un diagramme de corps libre, pourquoi un passager se trouve « poussé » vers l'extérieur d'une courbe négociée en voiture ou encore la raison pour laquelle les virages routiers comportent une certaine inclinaison.

Une situation qui porte sur la transformation de l'énergie potentielle élastique en énergie cinétique ou potentielle gravitationnelle peut conduire l'adulte à déterminer expérimentalement la constante de rappel d'un ressort. Il pourra ainsi évaluer la quantité d'énergie totale emmagasinée initialement par un objet afin d'être en mesure de prédire la hauteur ou la vitesse maximale pouvant être atteinte par un projectile tiré par un système à ressort.

La dynamique et la transformation de l'énergie peuvent aussi faire l'objet d'une situation d'apprentissage liée au parcours d'une voiture miniature sur un trajet comportant des élévations et des descentes. Ainsi, une situation mettant en cause les concepts de frottement et de travail peut inciter l'adulte à mesurer expérimentalement le travail nécessaire pour déplacer la voiture en situation de frottement. Il peut alors évaluer l'importance de ce frottement sur les pertes d'énergie.

Dans l'exemple de situation d'apprentissage de la page suivante, les principales tâches soutiennent le développement des deuxième et troisième compétences. Cette situation appartient donc à la famille *Expertise*.

## DOMAINES GÉNÉRAUX DE FORMATION

Les situations d'apprentissage sont plus signifiantes pour l'adulte lorsqu'elles sont liées par leur contexte aux domaines généraux de formation. Les domaines généraux *Santé et bien-être*, *Orientation et entrepreneuriat*, *Environnement et consommation* et *Vivre-ensemble et citoyenneté* sont les plus susceptibles d'être exploités pour créer des situations d'apprentissage pour le cours PHY-5062-2. L'exemple ci-dessous rejoint l'intention éducative des domaines généraux de formation, *Santé et bien-être* et *Vivre-ensemble et citoyenneté*.

Domaines généraux de formation
Santé et bien-être
Orientation et entrepreneuriat
Environnement et consommation
Médias
Vivre-ensemble et citoyenneté

## EXEMPLE DE SITUATION D'APPRENTISSAGE

### UNE ROUTE FAITE SUR MESURE

À l'occasion d'un cours théorique de conduite, vous avez appris qu'un panneau de signalisation placé à l'entrée de certains virages indique la vitesse maximale à adopter pour négocier cette courbe. Vous avez par ailleurs remarqué que, sur une route en construction près de chez vous se trouve un virage assez serré et que le panneau indicateur de vitesse maximale n'est pas encore installé. Vous souhaitez, avant que le ministère des Transports n'installe la signalisation, mettre vos compétences à l'épreuve et prévoir la vitesse maximale qui sera affichée.

Votre tâche consiste donc à recommander la vitesse maximale de négociation de la courbe en vous basant sur des principes de physique. Vous devez d'abord énumérer les forces qui s'exercent sur un véhicule lorsqu'il se trouve dans un virage. Par la suite, vous serez amené à déterminer les paramètres qui influent sur la force de frottement entre les pneus du véhicule et la chaussée et les relations qui les unissent. Après avoir traité ces informations, vous serez en mesure de prévoir la vitesse maximale qui sera affichée. De plus, à partir de coefficients de friction réalistes, vous pourrez déterminer la vitesse maximale à atteindre dans une courbe selon que la chaussée est sèche ou mouillée, et évaluer l'influence d'une modification de l'inclinaison de la route par rapport à la vitesse maximale admissible.

Production attendue :

- une énumération et une représentation, sous forme de diagramme de corps libre, des forces qui s'exercent sur un véhicule en mouvement dans une courbe;
- un compte-rendu présentant les paramètres qui influent sur le frottement entre les pneus et la chaussée, le traitement de ces informations et votre prévision;
- une étude comparative de l'influence des différents paramètres (inclinaison, état de la chaussée, rayon de courbure) sur la vitesse maximale suggérée.

## ATTENTES DE FIN DE COURS

Le traitement de situations d'apprentissage suppose que l'adulte s'approprie une démarche d'investigation faisant appel à l'expérimentation, à la modélisation ou à l'observation. Les situations permettent, en physique, de mettre en œuvre des habiletés de résolution de problème, d'utiliser des connaissances et de produire des messages.

L'adulte amené à résoudre un problème lié à la dynamique ou à la transformation de l'énergie mécanique s'en donne d'abord une représentation à la suite de la lecture et de l'interprétation de messages à caractère scientifique et technologique. Il établit un plan d'action adapté à l'une de ses hypothèses et exploite ainsi ses connaissances sur les forces, le travail et l'énergie mécanique. L'adulte doit, pour ce faire, rédiger un protocole expérimental dans lequel il sélectionne le matériel nécessaire, établit les consignes relatives aux manipulations et détermine les règles de sécurité applicables. Il doit également mettre en œuvre un plan d'action en réalisant au laboratoire les activités prévues. Durant ces activités, il manipule adéquatement le matériel, applique les règles de sécurité appropriées et prend des mesures en tenant compte de l'incertitude associée aux instruments utilisés et aux conditions expérimentales. Dans un rapport de laboratoire, il présente une analyse rigoureuse des résultats et les discute. Finalement, il rédige les conclusions de l'expérience en établissant les liens avec le problème posé. Son rapport fait mention des sources d'erreurs et de l'estimation de leurs valeurs.

L'adulte qui étudie un phénomène ou une application technologique liée aux forces qui agissent sur un corps ou au concept d'énergie mécanique formule des questions se rapportant à des aspects contextuels et fait ressortir les principes de physique qui s'y manifestent. À l'aide de schémas, de concepts, de lois, de théories ou de modèles, il explique le rôle des forces en présence, le travail effectué, la transmission de la puissance ou les transformations de l'énergie mécanique. C'est ainsi qu'il illustre l'application de plusieurs forces sur un corps par un diagramme de corps libre, qu'il prédit de manière quantitative la vitesse d'un corps en chute libre en fonction de sa hauteur par l'intermédiaire du principe de conservation de l'énergie mécanique, qu'il expose les relations entre le mouvement d'un corps, le travail effectué, l'énergie mécanique et sa conservation, ou qu'il explique la loi de Hooke en faisant le lien entre la déformation d'un ressort et la force de rappel qui lui est associée. Enfin, l'adulte démontre sa compréhension des principes de physique en décrivant l'effet de la variation de certains paramètres initiaux et en transposant son explication à d'autres phénomènes ou applications régis par les mêmes principes.

## CRITÈRES D'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES VISÉES PAR LE COURS

Critères d'évaluation de la compétence 1	Critères d'évaluation de la compétence 2	Critères d'évaluation de la compétence 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Représentation adéquate de la situation</li> <li>▪ Élaboration d'un plan d'action pertinent</li> <li>▪ Mise en œuvre adéquate du plan d'action</li> <li>▪ Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formulation d'un questionnement approprié</li> <li>▪ Utilisation pertinente des connaissances en physique</li> <li>▪ Production adéquate d'explications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interprétation juste de messages à caractère scientifique ou technologique</li> <li>▪ Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique</li> </ul>

## Annexes





## Annexe 1

Les stratégies d'exploration et d'analyse permettent de progresser plus efficacement vers une réponse ou une solution durant une démarche d'investigation.

### Stratégies d'exploration

- Inventorier le plus grand nombre possible d'informations scientifiques, technologiques et contextuelles qui seront utiles ultérieurement pour cerner un problème ou prévoir des tendances.
- Évoquer des problèmes similaires déjà résolus.
- Anticiper les résultats d'une démarche.
- Élaborer divers scénarios possibles.
- Explorer diverses pistes de solution.
- Envisager divers points de vue liés aux problématiques scientifiques.

### Stratégies d'analyse

- Déterminer les contraintes et les éléments importants pour la résolution d'un problème.
- Diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples.
- Faire appel à divers modes de raisonnement (ex. : inférer, induire, déduire, comparer, classifier, sérier) pour traiter des informations.
- Reasonner par analogie pour traiter des informations et adapter des connaissances scientifiques et technologiques.
- Établir des généralisations à partir de cas particuliers, structurellement semblables.
- Sélectionner des critères pertinents qui permettent de se situer au regard d'une problématique scientifique.



## Annexe 2

Démarches d'investigation en science	
Étapes	Exemples
Définir le problème	Circonscrire les informations appropriées. Rechercher les notions en cause. Recourir à des connaissances théoriques personnelles, à des savoirs théoriques tirés de documents, à des expériences antérieures, à des situations vécues ou à la logique.
Formuler une hypothèse	Élaborer un questionnement à partir de différents faits. Créer des analogies ou essayer de prédire des résultats. Établir des relations causales. Proposer un modèle.
Vérifier l'hypothèse	Préparer et faire des observations, réaliser une expérimentation ou mettre un modèle au point pour affirmer ou infirmer l'hypothèse de départ.
Tirer des conclusions	Exprimer sa compréhension des faits. Produire une explication, un nouveau modèle ou une nouvelle théorie.
Communiquer	Produire une réponse, une solution, une explication, un modèle ou une opinion.



## Annexe 3

### Méthodes scientifiques de vérification d'une hypothèse

La modélisation	
La modélisation consiste à construire une représentation concrète d'une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Elle doit faciliter la compréhension de la réalité, expliquer certaines propriétés de ce qu'elle vise à représenter et permettre de prédire de nouveaux phénomènes. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule, équation (mathématique ou chimique), programme informatique ou maquette.	
Étapes	Exemples
1. Élaborer un modèle	<ul style="list-style-type: none"><li>- Déterminer les composantes et les relations.</li><li>- Choisir le mode de représentation.</li></ul>
2. Réaliser le modèle	<ul style="list-style-type: none"><li>- Faire une maquette, un schéma.</li><li>- Élaborer une formule.</li></ul>
3. Valider le modèle	<ul style="list-style-type: none"><li>- Repérer les contradictions et les incohérences possibles.</li><li>- Vérifier la validité des éléments.</li><li>- Apporter des modifications ou revenir aux étapes précédentes, si nécessaire.</li></ul>

L'observation	
L'observation, sous l'angle de la science, permet d'interpréter des faits selon des critères déterminés et à partir d'éléments qui font consensus dans un cadre disciplinaire donné. À la lumière des informations recueillies, l'observateur arrive à une nouvelle compréhension des faits qui demeurent tributaires du contexte de l'observation. En raison de sa manière d'interpréter et d'organiser les informations, l'observateur fait une relecture du monde en tenant compte de ses connaissances antérieures et des schémas conceptuels qu'il applique aux faits observés.	
Étapes	Exemples
1. Planifier l'observation	<ul style="list-style-type: none"><li>- Déterminer des critères d'observation.</li><li>- Préparer une grille d'observation.</li></ul>
2. Recueillir les informations	<ul style="list-style-type: none"><li>- Recueillir les informations en se référant aux critères d'observation.</li></ul>
3. Interpréter les informations	<ul style="list-style-type: none"><li>- Organiser les informations dans le but d'expliquer le phénomène ou l'application.</li><li>- Établir des relations avec les données recueillies.</li></ul>

## L'expérimentation

L'expérimentation implique l'élaboration d'un protocole qui inclut la définition d'un certain nombre de variables. Le but du protocole est de faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses. Les interactions entre les diverses étapes de la méthode expérimentale permettent de soulever des questions audacieuses, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de tenir compte des limites de l'expérimentation.

Étapes	Exemples
1. Planifier une expérience	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer les variables possibles.</li> <li>- Déterminer la variable à mesurer.</li> <li>- Articuler les étapes de l'expérimentation.</li> </ul>
2. Réaliser l'expérience	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réaliser un montage expérimental.</li> <li>- Effectuer un ensemble de manipulations.</li> <li>- Recueillir des observations ou des mesures.</li> </ul>
3. Interpréter les résultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traiter les données recueillies.</li> <li>- Établir des relations.</li> <li>- Discuter des erreurs possibles.</li> </ul>

## Annexe 4

Compétence 1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes relevant de la physique	Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques en physique	Compétence 3 Communiquer sur des questions de physique à l'aide des langages utilisés en science et en technologie
<p><b>Cerner un problème</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Repérer les éléments qui semblent pertinents.</li> <li>Déterminer les relations qui unissent les différents éléments</li> <li>Reformuler le problème en faisant appel à des concepts de physique.</li> <li>Proposer des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles.</li> </ul> <p><b>Élaborer un plan d'action</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sélectionner une hypothèse ou une solution.</li> <li>Déterminer les ressources nécessaires.</li> <li>Planifier les étapes de la mise en œuvre du plan d'action.</li> </ul> <p><b>Concrétiser le plan d'action</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Procéder aux manipulations ou aux opérations planifiées.</li> <li>Recueillir les données ou noter des observations pouvant être utiles.</li> <li>Apporter, si nécessaire, des corrections à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action.</li> </ul> <p><b>Analyser les résultats</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Traiter les données recueillies ou les observations notées.</li> <li>Établir des liens entre les résultats et les concepts de physique.</li> <li>Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée.</li> <li>Énoncer de nouvelles hypothèses ou solutions, s'il y a lieu.</li> </ul>	<p><b>Dégager les principes de physique liés à un phénomène ou à une application</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Considérer les éléments du contexte.</li> <li>Repérer les principes de physique.</li> <li>Se donner une représentation du phénomène ou de l'application en se basant sur les concepts de physique.</li> </ul> <p><b>Analyser des principes de physique liés à un phénomène ou à une application</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Décrire les principes de physique liés au phénomène ou à l'application, de manière qualitative ou quantitative.</li> <li>Mettre en relation les principes de physique liés au phénomène ou à l'application à l'aide de concepts, de lois, de théories ou de modèles.</li> </ul> <p><b>Expliquer un phénomène ou une application sous l'angle de la physique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Élaborer une explication en s'appuyant sur des concepts, des lois et des modèles de science.</li> <li>Justifier une explication à l'aide d'un formalisme scientifique ou mathématique, s'il y a lieu.</li> <li>Transposer l'explication proposée dans d'autres contextes, s'il y a lieu.</li> </ul>	<p><b>Interpréter des messages à caractère scientifique et technologique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Situer le message dans son contexte.</li> <li>S'assurer de la fiabilité des sources.</li> <li>Repérer les éléments appropriés à l'interprétation du message.</li> <li>Saisir le sens précis des mots ou des énoncés.</li> <li>Établir des liens entre des concepts et leurs représentations graphiques ou symboliques.</li> </ul> <p><b>Produire des messages à caractère scientifique et technologique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Structurer son message.</li> <li>Utiliser un vocabulaire scientifique et technologique.</li> <li>Recourir aux langages symboliques et graphiques associés à la science et à la technologie.</li> <li>Respecter les normes adoptées et les conventions établies pour les différents langages.</li> <li>Démontrer de la rigueur et de la cohérence.</li> <li>Respecter les droits de propriété intellectuelle.</li> </ul>



## Références bibliographiques

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programme de formation de l'école québécoise, Enseignement secondaire, 1<sup>er</sup> cycle*, 2004, 575 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programme d'études Science et technologie, Enseignement secondaire, 2<sup>e</sup> cycle*, 2007, 75 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programme d'études Physique, Enseignement secondaire, 2<sup>e</sup> cycle*, 2009, 47 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DU LOISIR ET DU SPORT. *Progression des apprentissages au secondaire, Science et technologie 1 cycle, Science et technologie 2 cycle, Science et technologie de l'environnement*, [En ligne], 2011, mise à jour le 24 novembre 2011.

[[http://www1.mels.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/domaine\\_mathematique/science/index.aspx](http://www1.mels.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/domaine_mathematique/science/index.aspx)]

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DU LOISIR ET DU SPORT. *Progression des apprentissages au secondaire, Science et technologie 1 cycle, Applications technologiques et scientifiques, Science et environnement*, [En ligne], 2011, mise à jour le 24 novembre 2011.

[[http://www1.mels.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/domaine\\_mathematique/scienceApp/index.asp](http://www1.mels.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/domaine_mathematique/scienceApp/index.asp)]

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DU LOISIR ET DU SPORT. *Progression des apprentissages au secondaire, Physique, Programme optionnel de 5 secondaire*, [En ligne], 2011,

[[http://www1.mels.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/domaine\\_mathematique/physique/index.asp](http://www1.mels.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/domaine_mathematique/physique/index.asp)]

