

PHYSIQUE 12

Préparation universitaire

VERSION FRANÇAISE DE
Physics 12
Offert en anglais chez *Nelson Education*

TIRÉ À PART
Chapitre 5



AVIS AU LECTEUR

Cet extrait est une version provisoire et non le produit final. Certains éléments du contenu ou du visuel pourraient encore être modifiés. De plus, il peut subsister quelques erreurs ou coquilles typographiques. Les corrections nécessaires seront apportées dans la version imprimée.

ISBN 978-2-89710-927-1

© 2014 Groupe Modulo Inc.

TOUS DROITS RÉSERVÉS.

Toute reproduction du présent ouvrage, en totalité ou en partie, par tous les moyens présentement connus ou à être découverts, est interdite sans l'autorisation préalable de 2014 Groupe Modulo Inc.

Toute utilisation non expressément autorisée constitue une contrefaçon pouvant donner lieu à une poursuite en justice contre l'individu ou l'établissement qui effectue la reproduction non autorisée.

MODULO

5800, rue Saint-Denis, bureau 900
Montréal (Québec) H2S 3L5 Canada
Téléphone : 514 273-1066
Télécopieur : 514 276-0324 ou 1 800 814-0324
info.modulo@tc.tc

Table des matières

Introduction au Guide d'enseignement de *Physique 12*

Introduction à *Physique 12*

Enseigner et apprendre avec *Physique 12*

Les composantes de *Physique 12*

(Disponible en version électronique sur le CD-ROM du guide d'enseignement)

Module 1 — La Dynamique

Introduction au module.....	1
Tableau de concordance avec le curriculum	3
Planification de l'enseignement du module	6
Le matériel.....	13
Chapitre 1 – La cinématique.....	15
1.1 Le mouvement et les graphiques du mouvement.....	16
1.2 Les équations du mouvement	18
1.3 Le déplacement dans un plan	19
1.4 Le vecteur vitesse et l'accélération dans un plan	21
1.5 Le mouvement des projectiles	22
1.6 Le mouvement relatif	24
1.5.1 Étude fondée sur l'observation: Une expérience sur le mouvement d'un projectile.....	26
Chapitre 1 – Résumé	27
Chapitre 2 – La dynamique	29
2.1 Les forces et les schémas d'équilibre	30
2.2 Les lois du mouvement de Newton	32
2.3 Les applications des lois du mouvement de Newton.....	33
2.4 Le frottement	35
2.5 Une application de la dynamique	37
2.6 La chronique de physique: La physique du ski alpin	38
Expérimentation 2.3.1 – Étude fondée sur l'observation: L'équilibre statique des forces.....	39
Expérimentation 2.4.1 – Expérience en laboratoire: Le plan incliné et le frottement.....	40
Expérimentation 2.4.2 – Étude fondée sur l'observation: Le mouvement et les poulies	42
Chapitre 2 – Résumé	43
Chapitre 3 – Le mouvement circulaire uniforme	45
3.1 Les systèmes de référence inertiels et non inertiels.....	46
3.2 L'accélération centripète	47
3.3 La force centripète.....	49
3.4 Les systèmes de référence en rotation uniforme	51
3.5 La chronique de physique: La physique des montagnes russes	53
3.6 Un problème lié à la dynamique.....	54
Expérimentation 3.3.1 – Étude fondée sur l'observation: La simulation du mouvement circulaire uniforme	55
Expérimentation 3.3.2 – Expérience en laboratoire: L'analyse d'un mouvement circulaire uniforme	56
Chapitre 3 – Résumé	58
Projet du module 1.....	61
Fiches reproductibles du module 1 — voir la liste à la page v	
(Disponible en version électronique sur le CD-ROM du guide d'enseignement)	

Module 2 — L'énergie et la quantité de mouvement

Introduction au module	63
Tableau de concordance avec le curriculum	65
Planification de l'enseignement du module	68
Le matériel	74

Chapitre 4 – Le travail et l'énergie..... 77

4.1 Le travail effectué par une force constante	78
4.2 L'énergie cinétique et le théorème de l'énergie cinétique	79
4.3 L'énergie potentielle gravitationnelle	81
4.4 L'examen d'un problème lié à la production d'énergie	82
4.5 La loi de la conservation de l'énergie	83
4.6 L'énergie potentielle élastique et le mouvement harmonique simple.....	85
4.7 Les ressorts et la conservation de l'énergie.....	87
Expérimentation 4.2.1 – Expérience en laboratoire: Le théorème de l'énergie cinétique	88
Expérimentation 4.5.1 – Expérience en laboratoire: Les poulies et l'énergie.....	90
Expérimentation 4.7.1 – Expérience en laboratoire: Les ressorts et l'énergie.....	92
Chapitre 4 – Résumé	94

Chapitre 5 – La quantité de mouvement et les collisions..... 95

5.1 La quantité de mouvement et le changement de la quantité de mouvement.....	96
5.2 La conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension.....	97
5.3 Les collisions	98
5.4 Les collisions élastiques frontales.....	100
5.5 Les collisions non frontales en deux dimensions.....	101
5.6 Explorer les applications de la quantité de mouvement.....	103
5.7 La chronique de physique: La quantité de mouvement et le neutrino	104
Expérimentation 5.2.1 – Expérience en laboratoire: La conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension	105
Expérimentation 5.4.1 – Expérience en laboratoire: Les collisions élastiques frontales	107
Expérimentation 5.5.1 – Expérience en laboratoire: La conservation de la quantité de mouvement dans les collisions en deux dimensions.....	108
Chapitre 5 – Résumé	110

Projet du module 2 113

Fiches reproductibles du module 2 — voir la liste à la page v

(Disponible en version électronique sur le CD-ROM du guide d'enseignement)

Module 3 — Les champs gravitationnels, électriques et magnétiques

Introduction au module	115
Tableau de concordance avec le curriculum	117
Planification de l'enseignement du module	119
Le matériel	125

Chapitre 6 – Les champs gravitationnels..... 127

6.1 La gravitation newtonienne.....	128
6.2 Les orbites	129
6.3 Explorer les applications des champs gravitationnels.....	131
6.4 La chronique de physique: La relativité générale	132
Expérimentation 6.1.1 – Étude fondée sur l'observation: La gravitation universelle.....	133
Expérimentation 6.2.1 – Étude fondée sur l'observation: Concevoir un système solaire.....	134
Chapitre 6 – Résumé	136

Chapitre 7 – Les champs électriques 139

7.1 Les propriétés des charges électriques	140
7.2 La loi de Coulomb.....	142
7.3 Les champs électriques	143
7.4 La différence de potentiel électrique et le potentiel électrique	145

7.5 Le potentiel électrique et l'énergie potentielle électrique attribuables à des charges ponctuelles	147
7.6 L'expérience de la goutte d'huile de Millikan	148
Expérimentation 7.2.1 – Étude fondée sur l'observation: La loi de Coulomb	149
Expérimentation 7.6.1 – Étude fondée sur l'observation: L'expérience de Millikan	150
Chapitre 7 – Résumé	151

Chapitre 8 – Les champs magnétiques **153**

8.1 Les aimants et les électroaimants	154
8.2 L'effet de la force magnétique sur une charge en mouvement	156
8.3 L'effet de la force magnétique sur un conducteur parcouru par un courant	157
8.4 Le mouvement de particules chargées dans un champ magnétique	159
8.5 Les applications des champs électriques et des champs magnétiques	161
8.6 Explorer une application des champs électromagnétiques	162
Expérimentation 8.2.1 – Expérience en laboratoire: L'observation de la force magnétique sur une charge en mouvement	163
Chapitre 8 – Résumé	164

Projet du module 3..... **167**

Fiches reproductibles du module 3 — voir la liste à la page vi
(Disponible en version électronique sur le CD-ROM du guide d'enseignement)

Module 4 — La nature ondulatoire de la lumière

Introduction au module.....	169
Tableau de concordance avec le curriculum	171
Planification de l'enseignement du module	173
Le matériel.....	180

Chapitre 9 – Les ondes et la lumière..... **183**

9.1 Les propriétés des ondes et de la lumière	184
9.2 La réfraction et la réflexion totale interne	185
9.3 La diffraction et l'interférence des ondes à la surface de l'eau.....	187
9.4 La lumière: onde ou particule ?	189
9.5 L'interférence des ondes lumineuses: l'expérience de la double fente de Young	191
9.6 Examiner un problème lié aux applications technologiques fondées sur les propriétés de la lumière	193
Expérimentation 9.3.1 – Expérience en laboratoire: Les propriétés des ondes à la surface de l'eau.....	194
Expérimentation 9.3.2 – Expérience en laboratoire: L'interférence des ondes issues de deux sources.....	196
Expérimentation 9.5.1 – Expérience en laboratoire: L'expérience de la double fente de Young	198
Chapitre 9 – Résumé	200

Chapitre 10 – Les applications de la nature ondulatoire de la lumière..... **201**

10.1 L'interférence dans les pellicules minces	202
10.2 La diffraction de la lumière par une fente simple.....	203
10.3 Le réseau de diffraction	205
10.4 Le rayonnement électromagnétique	207
10.5 La polarisation de la lumière	208
10.6 Explorer les applications de la technologie de la lumière	210
10.7 La chronique de physique: La nanotechnologie de la lumière et la prévention de la contrefaçon.....	211
10.8 Examiner un problème lié à la technologie de la lumière	212
Expérimentation 10.1.1 – Expérience en laboratoire: L'analyse d'interférences à l'aide de coins optiques d'air ...	213
Expérimentation 10.2.1 – Expérience en laboratoire: La diffraction de la lumière par une fente simple.....	214
Expérimentation 10.3.1 – Étude fondée sur l'observation: La capacité de stockage des CD et des DV.....	216
Chapitre 10 – Résumé	218

Projet du module 4..... **219**

Fiches reproductibles du module 4 — voir la liste à la page vi
(Disponible en version électronique sur le CD-ROM du guide d'enseignement)

Module 5 — Les révolutions de la physique moderne: la mécanique quantique et la relativité restreinte

Introduction au module	221
Tableau de concordance avec le curriculum	223
Planification de l'enseignement du module	225
Le matériel	230
Chapitre 11 – La relativité.....	233
11.1 La théorie de la relativité restreinte.....	234
11.2 La dilatation du temps.....	236
11.3 La contraction des longueurs, la simultanéité et la quantité de mouvement relativiste.....	237
11.4 L'équivalence masse-énergie.....	239
Expérimentation 11.2.1 – Activité: L'analyse de données relativistes.....	241
Chapitre 11 – Résumé.....	242
Chapitre 12 – La physique quantique	243
12.1 Introduction à la théorie quantique	244
12.2 Les photons et la théorie quantique de la lumière.....	245
12.3 Les propriétés ondulatoires des particules classiques.....	247
12.4 Explorer une application de la physique quantique	250
12.5 La chronique de physique: Raymond Laflamme et la théorie de l'information quantique	251
12.6 Le modèle standard des particules élémentaires	252
Expérimentation 12.2.1 – Étude fondée sur l'observation: L'effet photoélectrique.....	254
Expérimentation 12.2.2 – Étude fondée sur l'observation: La détermination de la constante de Planck.....	255
Expérimentation 12.6.1 – Étude fondée sur l'observation: La simulation d'une lumière laser.....	256
Chapitre 12 – Résumé.....	257
Projet du module 5	259
Fiches reproductibles du module 5 — voir la liste à la page vi (Disponible en version électronique sur le CD-ROM du guide d'enseignement)	

Liste des fiches reproductibles et des outils d'évaluation

(Disponible en version électronique sur le CD-ROM du guide d'enseignement)

Introduction au Guide d'enseignement de *Physique 12*

Introduction à *Physique 12*

Enseigner et apprendre avec *Physique 12*

Les composantes de *Physique 12*

Module 1 — Fiches reproductibles

FR 1.1.1 Les graphiques du mouvement

FR 1.2.1 Les équations du mouvement

FR 1.3.1 La résolution de problèmes dans un plan

FR 1.5.1 Le mouvement d'un projectile

FR 1.5.2 Des problèmes de mouvements de projectiles

FÉ 1 Évaluation du chapitre 1

FR 2.2.1 Les lois du mouvement de Newton

FR 2.2.2 La troisième loi du mouvement de Newton

FR 2.3.1 L'application des lois du mouvement de Newton

FR 2.4.1 Le frottement

FR 2.3.1.1 Expérimentation: L'équilibre statique des forces – tableaux de données

FR 2.3.1.2 Expérimentation: L'équilibre statique des forces – échantillons de données
(à l'usage du personnel enseignant)

FR 2.4.2.1 Expérimentation: Le mouvement et les poulies – tableaux de données

FR 2.4.2.2 Expérimentation: Le mouvement et les poulies – échantillons de données
(à l'usage du personnel enseignant)

FÉ 2 Évaluation du chapitre 2

FR 3.1.1 Les systèmes de référence inertiels et non inertiels

FR 3.2.1 La force résultante dans un mouvement circulaire uniforme

FR 3.2.2 L'accélération centripète

FR 3.3.1 La décomposition des forces

FR 3.3.2 La force centripète

FR 3.3.1.1 Expérimentation: La simulation du mouvement circulaire uniforme – tableaux de résultats
expérimentaux

FR 3.3.1.2 Expérimentation: La simulation du mouvement circulaire uniforme – exemples de résultats
expérimentaux (à l'usage du personnel enseignant)

FR 3.3.2.1 Expérimentation: L'analyse d'un mouvement circulaire uniforme – tableaux de résultats
expérimentaux

FR 3.3.2.2 Expérimentation: L'analyse d'un mouvement circulaire uniforme – exemples de résultats
expérimentaux (à l'usage du personnel enseignant)

FÉ 3 Évaluation du chapitre 3

FÉ M1 Évaluation du module 1

Corrigé des fiches reproductibles du module 1

Module 2 — Fiches reproductibles

FR 4.0.1 Évaluation diagnostique du chapitre 4

FR 4.1.1 Le travail

FR 4.1.2 L'expression du travail comme l'aire de la surface sous la courbe
d'un graphique de la force en fonction du déplacement

FR 4.5.1 La conservation de l'énergie

FR 4.7.1 Une conduite douce et sécuritaire

FÉ 4 Évaluation du chapitre 4

FR 5.1.1 Le changement de la quantité de mouvement: l'aire de la surface sous la courbe
du graphique de la force en fonction du temps

FR 5.3.1 L'analyse de collisions en une dimension

FR 5.3.2 L'analyse de la quantité de mouvement dans un boulet de canon de Galilée

FR 5.5.1 L'analyse de collisions en deux dimensions
FR 5.5.2 Les collisions en deux dimensions
FR 5.2.1.1 Expérimentation: La conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension – tableaux de données
FR 5.2.1.2 Expérimentation: La conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension – échantillons de données (à l'usage du personnel enseignant)
FR 5.4.1.1 Expérimentation: Les collisions élastiques frontales – tableaux de résultats
FR 5.4.1.2 Expérimentation: Les collisions élastiques frontales – échantillons de résultats (à l'usage du personnel enseignant)
FR 5.5.1.1 Expérimentation: La conservation de la quantité de mouvement dans les collisions en deux dimensions – tableaux de résultats
FÉ 5 Évaluation du chapitre 5
FÉ M2 Évaluation du module 2
Corrigé des fiches reproductibles du module 2

Module 3 — Fiches reproductibles

FR 6.0.1 Évaluation diagnostique du chapitre 6
FR 6.0.2 Schéma conceptuel en lien avec la force gravitationnelle
FR 6.1.1 La détermination de la valeur de r dans l'équation de la loi de la gravitation universelle de Newton
FR 6.1.2 La détermination de l'intensité du champ gravitationnel
FR 6.4.1 Les trous noirs
FR 6.1.1.1 Expérimentation: La gravitation universelle – tableau de données
FR 6.1.1.2 Expérimentation: La gravitation universelle – échantillons de résultats (à l'usage du personnel enseignant)
FÉ 6 Évaluation du chapitre 6
FR 7.0.1 Le générateur de Van de Graaff
FR 7.1.1 L'électrisation
FR 7.3.1 Le traçage des lignes de force
FR 7.2.1.1 Expérimentation: La loi de Coulomb
FR 7.6.1.1 Expérimentation: L'expérience de Millikan
FÉ 7 Évaluation du chapitre 7
FR 8.1.1 Les champs magnétiques
FR 8.1.2 La règle de la main droite
FR 8.2.1 L'effet de la force magnétique sur une particule chargée en mouvement
FR 8.2.2 L'effet des champs magnétiques sur les conducteurs et les solénoïdes
FR 8.2.3 La règle de la main droite pour une charge en mouvement dans un champ magnétique
FR 8.3.1 La force exercée sur un conducteur dans un champ magnétique
FÉ 8 Évaluation du chapitre 8
FÉ M3 Évaluation du module 3
Corrigé des fiches reproductibles du module 3

Module 4 — Fiches reproductibles

FR 9.2.1 Exercice de marche: La réfraction à une surface de séparation
FR 9.3.1 Motiver et activer: La diffraction de la lumière
FR 9.3.2 Les figures d'interférence produites par deux sources ponctuelles
FR 9.3.3 Les mathématiques des figures d'interférence produites par deux sources ponctuelles
FR 9.4.1 La théorie particulaire et la théorie ondulatoire de la lumière
FR 9.5.1 Activité supplémentaire: L'interférence produite par une double fente
FR 9.5.1.1 Expérimentation: L'expérience de la double fente de Young – tableau de résultats
FR 9.5.1.2 Expérimentation: L'expérience de la double fente de Young – échantillon de résultats (à l'usage du personnel enseignant)
FÉ 9 Évaluation du chapitre 9
FR 10.2.1 Activité supplémentaire: La diffraction de la lumière par une fente simple

FR 10.3.1 Les spectres de divers gaz
FR 10.3.2 Une comparaison entre les CD, les DVD et la technologie Blu-ray
FR 10.4.1 Le spectre électromagnétique
FR 10.5.1 Comment les filtres polarisants fonctionnent-ils?
FR 10.3.1.1 Expérimentation: La capacité de stockage des CD et des DVD – tableau de résultats
FÉ 10 Évaluation du chapitre 10
FÉ M4 Évaluation du module 4
Corrigé des fiches reproductibles du module 4

Module 5 — Fiches reproductibles

FR 11.1.1 Une expérience abstraite
FR 11.1.2 Une analyse de l'expérience de Michelson et Morley
FR 11.2.1 Les artisans de l'élaboration de la théorie de la relativité
FR 11.4.1 La pensée critique et la théorie de la relativité restreinte
FÉ 11 Évaluation du chapitre 11
FR 12.2.1 La théorie quantique de la lumière
FR 12.3.1 Les propriétés ondulatoires des particules classiques
FR 12.6.1 Le modèle standard des particules élémentaires
FR 12.2.2.1 Expérimentation: Détermination de la constante de Planck – tableau de résultats
FR 12.2.2.2 Expérimentation: Détermination de la constante de Planck – échantillon
de résultats (à l'usage du personnel enseignant)
FÉ 12 Évaluation du chapitre 12
FÉ M5 Évaluation du module 5
Corrigé des fiches reproductibles du module 4

Outils d'évaluation

Grille d'évaluation 1: Connaissance et compréhension
Grille d'évaluation 2: Habiletés de la pensée
Grille d'évaluation 3: Communication
Grille d'évaluation 4: Mise en application
Grille d'évaluation 5: Expérience en laboratoire
Grille d'évaluation 6: Étude corrélationnelle
Grille d'évaluation 7: Étude fondée sur l'observation
Grille d'évaluation 8: Activité
Grille d'évaluation 9: Examiner un problème
Grille d'évaluation 10: Explorer une application

Résumé de l'évaluation 1: Connaissance et compréhension
Résumé de l'évaluation 2: Habiletés de la pensée
Résumé de l'évaluation 3: Communication
Résumé de l'évaluation 4: Mise en application
Résumé de l'évaluation 5: Expérience en laboratoire
Résumé de l'évaluation 6: Étude corrélationnelle
Résumé de l'évaluation 7: Étude fondée sur l'observation
Résumé de l'évaluation 8: Activité
Résumé de l'évaluation 9: Examiner un problème
Résumé de l'évaluation 10: Explorer une application

Liste de vérification 1: Expérience en laboratoire
Liste de vérification 2: Étude corrélationnelle
Liste de vérification 3: Étude basée sur l'observation
Liste de vérification 4: Activité
Liste de vérification 5: Examiner un problème
Liste de vérification 6: Explorer une application

Grille d'évaluation du projet du module 1: Un nouveau sport extrême
Résumé de l'évaluation du projet du module 1: Un nouveau sport extrême
Liste de vérification du projet du module 1: Un nouveau sport extrême

Grille d'évaluation du projet du module 2: Les applications de l'énergie et de la quantité de mouvement
en conception technique
Résumé de l'évaluation du projet du module 2: Les applications de l'énergie et de la quantité de mouvement
en conception technique
Liste de vérification du projet du module 2: Les applications de l'énergie et de la quantité de mouvement
en conception technique

Grille d'évaluation du projet du module 3: La technologie des champs
Résumé de l'évaluation du projet du module 3: La technologie des champs
Liste de vérification du projet du module 3: La technologie des champs

Grille d'évaluation du projet du module 4: L'analyse d'une régularité optique
Résumé de l'évaluation du projet du module 4: L'analyse d'une régularité optique
Liste de vérification du projet du module 4: L'analyse d'une régularité optique

Grille d'évaluation du projet du module 5: Le grand collisionneur de hadrons, le plus grand microscope
Résumé de l'évaluation du projet du module 5: Le grand collisionneur de hadrons, le plus grand microscope
Liste de vérification du projet du module 5: Le grand collisionneur de hadrons, le plus grand microscope

Fiches reproductibles génériques

FR 0.0.1 Diagramme de Venne (pour comparer deux éléments)
FR 0.0.2 Organisateur graphique: Tableau de comparaison
FR 0.0.3 Organisateur graphique: Tableau à deux colonnes
FR 0.0.4 Organisateur graphique: Schéma conceptuel
FR 0.0.5 Les concepts clés du chapitre
FR 0.0.6 Organisateur graphique: Boîte à idées
FR 0.0.7 Organisateur graphique: Boîte à termes
FR 0.0.8 Liste de vérification de stratégies de lecture
FR 0.0.9 Liste de vérification de stratégies d'écriture
FR 0.0.10 Carrières
FR 0.0.11 L'élimination des déchets dangereux
FR 0.0.12 Utilisation de ressources en ligne

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

Boîte à outils A2.1 (titre à venir)

Annexe C du manuel (solutions)

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

- Invitez les élèves à examiner la photo de l'**Introduction**. Posez-leur la question suivante: *Quel équipement de protection les joueurs portent-ils?* (Des casques, des coudières et des gants rembourrés.)
- Demandez aux élèves de faire le lien entre les connaissances acquises sur la quantité de mouvement et la question clé en tête du chapitre: «Quelle est la relation entre la quantité de mouvement et la sécurité dans les sports?» (La transmission de la quantité de mouvement peut entraîner des blessures. Le corps absorbe l'énergie cinétique au moment de l'impact.) Posez-leur les questions suivantes: *Comment cet équipement protège-t-il les joueurs?* (Il atténue les chocs en absorbant une partie de l'énergie cinétique.) *Comment une meilleure connaissance de la transmission de l'énergie et de la quantité de mouvement permet-elle d'améliorer la sécurité dans les sports?* (Par son intégration dans la conception d'équipement de protection innovant.)

L'ENGAGEMENT

INTRODUCTION

- Passez en revue les **concepts clés** pour un survol des principales idées qui seront traitées dans ce chapitre. Invitez une ou un volontaire à les lire à voix haute avant d'en discuter avec la classe. Posez des questions aux élèves pour évaluer leurs connaissances et les intéresser aux différents sujets traités dans le chapitre. Voici quelques exemples:
 1. *Que se passe-t-il si un objet possède une importante quantité de mouvement?* (La modification de son mouvement devient difficile. Cette importante quantité de mouvement s'accompagne généralement d'une grande énergie cinétique. Quantité de mouvement et énergie cinétique ne sont toutefois pas synonymes.)
 2. *La quantité de mouvement est-elle une grandeur scalaire ou une grandeur vectorielle? Si c'est une grandeur vectorielle, donnez-en un exemple.* (La quantité de mouvement est une grandeur vectorielle. Par exemple, la quantité de mouvement d'un joueur de football qui s'élanche est orientée vers l'avant.)

3. *Si on laissait tomber de la même hauteur deux ballons de basketball, l'un qui est dégonflé et l'autre, bien gonflé, lequel, selon vous, rebondirait le plus haut?* (Le ballon bien gonflé, car il est plus élastique. Le trampoline obéit à ce principe. S'il est bien tendu, il sera plus élastique et favorisera les rebonds.)
4. *Donnez un exemple d'une activité sportive ou récréative qui dépend de collisions et de la quantité de mouvement.* (Le billard, le curling, les autos tamponneuses, le billard électrique, le jeu de hockey pneumatique, etc.)
 - Invitez les élèves à répondre aux questions de la rubrique **Prépare-toi**. Demandez-leur de noter leurs réponses afin de pouvoir les revoir quand la matière aura été traitée dans le chapitre.
 - Invitez les élèves à effectuer l'activité intitulée **Mène une expérience: Le roulement d'un chariot**.

MÈNE UNE EXPÉRIENCE: LE ROULEMENT D'UN CHARIOT

Habilités: prédire le résultat, contrôler les variables, exécuter, observer et analyser.

Boîte à outils A2.1

Matériel (par élève): des lunettes de protection; **(par groupe):** 1 plan incliné équipé d'un arrêteur, 1 chariot dynamique, 1 chronomètre, 1 règle ou 1 mètre, 1 masse.

Objectif: Les élèves observeront l'effet de l'ajout ou du retrait d'une masse sur la vitesse d'un chariot dynamique qui descend un plan incliné.

Les mesures de sécurité

- Chaque équipe désigne un de ses membres pour saisir le chariot au pied du plan incliné; une ou un autre aura pour tâche d'ajouter ou de retirer la masse.

Remarques

- Les élèves énoncent d'abord les résultats qu'elles et ils prévoient constater, puis observent, pendant l'expérience, l'effet de l'ajout ou du retrait d'une masse sur le mouvement d'un chariot dynamique.
- Invitez les élèves à effectuer cette activité en petits groupes. Assignez des tâches précises à chaque élève: prendre des notes, être responsable de la masse, etc.
- Conseillez aux élèves de ne pas trop incliner le plan. Leurs résultats seront plus précis si la vitesse initiale du chariot est faible au moment de l'ajout ou du retrait de la masse.
- Les élèves constateront une diminution de la vitesse du chariot à l'ajout d'une masse. La vitesse reste inchangée lors de son retrait pendant le déplacement du chariot. Par contre, les élèves observeront probablement une infime diminution de la vitesse en raison du frottement exercé sur le chariot au moment du retrait de la masse.
- Les élèves doivent établir le lien entre leurs observations et la conservation de la quantité de mouvement. À l'ajout d'une masse au chariot en mouvement, une partie de la quantité de mouvement déclenche le déplacement de cette masse.
- Si vous disposez d'un logiciel graphique ou de détecteurs de mouvement, les élèves pourront connaître la vitesse du chariot grâce au logiciel de détection de mouvement.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Vous pourriez proposer aux élèves qui s'intéressent à l'informatique de créer un blogue, un site wiki ou un site Internet qui servirait à afficher des rapports, des résultats d'expérience, des exposés, des illustrations, des vidéos, des liens ainsi que d'autres types de renseignements utiles à l'ensemble de la classe.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Élaborez un tableau de vocabulaire dans la classe. À chaque ajout d'un mot nouveau, les élèves reclassent leurs fiches pour dégager la corrélation entre les mots.

5.1

La quantité de mouvement et le changement de la quantité de mouvement

LES ATTENTES: A2; C2

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Exploration des choix de carrière: A2.1

Acquisition d'habiletés en résolution de problèmes, en recherche scientifique et en communication: C2.1; C2.5

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

LE VOCABULAIRE

- la quantité de mouvement linéaire (\vec{p})
- le changement de la quantité de mouvement

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation 1 : Connaissance et compréhension

Résumé de l'évaluation 1 : Connaissance et compréhension

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

FR 5.1.1 Le changement de la quantité de mouvement: l'aire de la surface sous la courbe du graphique de la force en fonction du temps

Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

L'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ACQUISES

Assurez-vous que les élèves peuvent:

- calculer la quantité de mouvement d'un objet en mouvement;

- décrire concrètement la quantité de mouvement d'un objet;
- effectuer l'addition et la soustraction de vecteurs au moyen de composantes;
- décrire concrètement le changement de la quantité de mouvement d'un objet;
- donner des exemples sur la différence entre l'orientation du changement de la quantité de mouvement et l'orientation de la force responsable du changement.

LES CONNAISSANCES ACQUISES EN SCIENCES

- La quantité de mouvement établit la vitesse d'un objet et son influence sur les autres objets qui se trouvent sur sa trajectoire.
- Au base-ball, par exemple, l'impact du bâton sur la balle influe sur ces deux objets. Pourtant, seule la quantité de mouvement de la balle semble modifiée parce que la masse de la balle est inférieure à celle du bâton et de la force déployée dans l'élan.

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

MOTIVER ET ACTIVER

- Demandez aux élèves d'énumérer des sports qui mettent en jeu des rondelles, des balles, des boules, des palets, des flèches, des billes ou des ballons. Elles et ils évaluent la quantité de mouvement et les classent par ordre décroissant d'importance. (Exemples de sports: les quilles, le curling, le jeu de fléchettes, le base-ball, le football, le hockey, le soccer.) Invitez les élèves à tenir compte de la masse et de la vitesse de déplacement de l'objet mis en action.

EXPLORER ET EXPLIQUER

- Attirez l'attention des élèves sur la **figure 5.2** à la page 224 de leur manuel. Posez-leur la question suivante: *Pourquoi une raquette de tennis actuelle produit-elle un changement de la quantité de mouvement plus important qu'un ancien modèle de raquette de tennis en bois?* (La rigidité du cadre réduit la perte d'énergie.)
- Attirez l'attention des élèves sur la **leçon 5.1.1** aux pages 222 et 223 de leur manuel et examinez le **problème type 1** avec eux. Redites-leur l'équation de «la quantité de mouvement». Calculez ensuite la quantité de mouvement de chaque objet du problème avec cette équation. Rappelez-leur l'importance de l'orientation dans l'énoncé du résultat. Montrez aux élèves que deux objets peuvent posséder une même quantité de mouvement mais pas une même énergie cinétique au moyen de l'équation de la partie c).
- Allouez du temps aux élèves pour résoudre les problèmes de la rubrique **Exerce-toi**.
- Attirez l'attention des élèves sur la **leçon 5.1.2** aux pages 225 et 226 de leur manuel et examinez les trois problèmes types avec eux. Dans le **problème type 1**, rappelez-leur l'équation première du changement de la quantité de mouvement. Dans le cas de deux quantités de mouvement linéaire, le choix d'une

orientation positive est primordial. Ici, le nord est une orientation positive; ainsi, $5,0 \text{ m/s [N]}$ est égal à $-5,0 \text{ m/s [S]}$. Ensuite, calculez la force moyenne exercée sur la rondelle par le bâton avec la deuxième équation du changement de la quantité de mouvement, qui concerne le produit de la force et du temps. Dans le **problème type 2**, cette même équation facilite le calcul de la vitesse du ballon. Enfin, dans le **problème type 3**, la troisième équation permet de connaître le changement de la quantité de mouvement de l'aire de la surface sous le tracé du graphique de la force en fonction du temps. Remarquez que ce calcul omet l'orientation du changement de la quantité de mouvement. L'énoncé du résultat le précise toutefois. Vous pourriez en faire la démonstration pour une meilleure compréhension du problème. Invitez deux élèves à se diriger lentement l'un vers l'autre. Lorsqu'ils sont tout près l'un de l'autre, dites-leur de se repousser doucement.

- Faites remarquer aux élèves que dans le **problème type 1**, les calculs révèlent la force moyenne plutôt que la force exercée par le bâton. Il est rare en situations concrètes que la force appliquée par un objet sur un autre objet reste constante au moment de l'impact.
- Allouez du temps aux élèves pour résoudre les problèmes de la rubrique **Exerce-toi**.

APPROFONDIR ET ÉVALUER

- Signalez aux élèves qu'elles et ils peuvent utiliser un graphique de la force en fonction du temps pour déterminer le changement de la quantité de mouvement d'un objet. L'aire de la surface sous la courbe du graphique représente le changement de la quantité de mouvement d'un objet provenant de l'application d'une force.
- L'utilisation de la fiche reproductible *FR 5.1.1 Le changement de la quantité de mouvement: l'aire de la surface sous la courbe du graphique de la force en fonction du temps* approfondira la compréhension des élèves relativement au changement de la quantité de mouvement et aux graphiques de la force en fonction du temps.
- Invitez les élèves à répondre aux **Questions** de la page 227 de leur manuel.
- Vous trouverez les solutions complètes dans l'annexe C du manuel.

MÉMO POUR LE PROJET DU MODULE

- Rappelez aux élèves que ce qu'elles et ils ont appris dans cette section au sujet de la quantité de mouvement et du changement de la quantité de mouvement leur sera utile quand ils effectueront le projet du module.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Les apprenantes et apprenants visuels assimileront mieux les notions en élaborant des graphiques à chacun des problèmes. Les apprenantes et apprenants kinesthésiques feront la démonstration des problèmes ou se serviront de

modèles. Les apprenantes et apprenants auditifs tireront avantage à discuter avec leurs camarades de la démarche de résolution de problèmes.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Demandez aux élèves en apprentissage du français de noter sur une fiche chaque mot nouveau de vocabulaire et de l'afficher sur le tableau de vocabulaire.

5.2

La conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension

LES ATTENTES: A2; C2

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Exploration des choix de carrière: A2.1

Acquisition d'habiletés en résolution de problèmes, en recherche scientifique et en communication: C2.1; C2.5; C2.6

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

LE VOCABULAIRE

- une collision
- la loi de la conservation de la quantité de mouvement
- une explosion

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation 1: Connaissance et compréhension

Grille d'évaluation 4: Mise en application

Résumé de l'évaluation 1: Connaissance et compréhension

Résumé de l'évaluation 4: Mise en application

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

L'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ACQUISES

Assurez-vous que les élèves peuvent:

- énoncer la loi de la conservation de la quantité de mouvement et en connaissent les équations;
- mettre en application la loi de la conservation de la quantité de mouvement dans le calcul du mouvement des

objets après une collision ou une explosion et formuler les résultats prévus;

- expliquer de façon sommaire le fonctionnement de la propulsion par fusée en se basant sur la loi de la conservation de la quantité de mouvement.

LES CONNAISSANCES ACQUISES EN SCIENCES

- Examinez les principes sous-jacents à la collision de deux objets, par exemple des chariots dynamiques. Si un chariot en mouvement percute un chariot stationnaire, la force résultante que le second chariot exerce sur le premier le fait ralentir. De même, la force résultante du premier chariot provoque l'accélération du second chariot. Ces forces sont égales et opposées, et ce, conformément à la troisième loi du mouvement de Newton. La collision entraîne un changement de la quantité de mouvement des deux chariots.
- La propulsion par fusée constitue un domaine de recherche très dynamique. Il existe différentes méthodes de propulsion, chacune présentant ses avantages et ses inconvénients. L'aéronef propulsé par fusée le plus rapide est le X-43 de la NASA. Il s'est déplacé à la vitesse de Mach 10 (environ 3,3 km/s) pendant 12 s avant de se désintégrer. Une personne qui marche normalement pendant 45 min franchit 3,3 km. La fusée a réussi à le faire en une seconde.

LES ERREURS FRÉQUENTES

Reconnaître: Parfois, les élèves ne savent pas quelle orientation positive choisir dans la résolution de problèmes associés à la quantité de mouvement linéaire.

Clarifier: Quelle que soit l'orientation positive choisie, si ce choix reste constant dans les calculs et dans l'énoncé des résultats, la réponse finale sera identique.

Vérifier la compréhension: À la fin de la discussion, demandez aux élèves: *Quelle orientation choisirez-vous comme orientation positive?* (Peu importe l'orientation positive qui est choisie. Certains choisiront toujours [N]; d'autres opteront pour une valeur positive en fonction du problème. Les deux stratégies sont tout aussi valables.)

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

MOTIVER ET ACTIVER

- Préparez une démonstration à l'aide de rails pneumatiques. Mettez en scène divers scénarios de collisions: par exemple, deux chariots de masse identique entrent en collision, l'un d'entre eux est stationnaire (ou en mouvement); deux chariots de masse différente (masses inférieure et supérieure) entrent en collision, l'un d'entre eux est stationnaire (ou en mouvement), etc. Demandez aux élèves de formuler la prédiction de leurs résultats, puis effectuez la démonstration.

EXPLORER ET EXPLIQUER

- Attirez l'attention des élèves sur la **figure 5.8** à la page 231 de leur manuel. Invitez-les à expliquer le fonctionnement du moteur de la fusée dans l'espace au moyen de la conservation de la quantité de mouvement, car aucune force ne s'y exerce. (L'expulsion des gaz surchauffés propulse la fusée vers l'avant par la conservation de la quantité d'énergie; la quantité de mouvement des gaz vers l'arrière et la quantité de mouvement de la fusée vers l'avant s'annulent.)
- Attirez l'attention des élèves sur la **leçon 5.2.1** aux pages 230 et 231 de leur manuel et examinez les deux problèmes types avec eux. Dans le **problème type 1**, expliquez-leur qu'à la suite de l'impact, les joueurs glissent dans la même direction probablement parce qu'ils sont enchevêtrés et se déplacent donc comme un seul objet à la même vitesse. Le premier joueur se dirigeait vers le sud et c'est l'orientation positive choisie. Soulignez aux élèves que le choix d'une autre orientation ne modifie en rien la réponse. Refaites le problème en optant cette fois pour le nord comme orientation positive et montrez-leur que le résultat final reste le même.
- Dans le **problème type 2**, donnez un exemple aux élèves qui leur permettra de bien saisir le problème. Signalez-leur que c'est une question hypothétique, car l'astéroïde ne peut pas être stationnaire au moment de l'explosion. La vitesse de 93 m/s est très faible pour des objets se déplaçant dans l'espace. Ainsi, la Lune orbite autour de la Terre à la vitesse de 1 023 m/s à la distance de 385 000 km de notre planète.
- Allouez du temps aux élèves pour résoudre les problèmes de la rubrique **Exerce-toi**.

APPROFONDIR ET ÉVALUER

- Les élèves réfléchissent à la conservation de la quantité de mouvement et formulent les résultats prévus pour des collisions qui se produisent dans des systèmes comportant au moins trois objets.
- Demandez aux élèves d'effectuer l'**Expérimentation 5.2.1** de leur manuel. Les pistes pédagogiques concernant cette activité se trouvent aux pages 114 et suivantes du présent guide.
- Invitez les élèves à répondre aux questions de la page 232 de leur manuel.
- Vous trouverez les solutions complètes dans l'annexe C du manuel.

MÉMO POUR LE PROJET DU MODULE

- Rappelez aux élèves que ce qu'elles et ils ont appris dans cette section au sujet de la conservation de la quantité de mouvement et du changement de la quantité de mouvement leur sera utile lorsqu'ils effectueront le projet du module.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Expliquez aux élèves que l'expression *quantité de mouvement* réfère à une notion quantitative qui décrit le mouvement: les deux objets qui entrent en collision additionnent leur quantité de mouvement respective. La quantité de mouvement totale reste la même, et ce, que les deux objets se séparent ou qu'ils restent groupés. Un schéma permettra aux apprenantes et aux apprenants visuels de mieux saisir la notion de *quantité de mouvement*. Les apprenantes et apprenants kinesthésiques opteront pour l'utilisation de modèles. Les élèves peuvent se servir de fiches où seront inscrites la masse et la vitesse des objets. Utilisez des masses de 1 kg, 5 kg, etc.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Expliquez aux élèves la différence entre une *collision* et une *explosion*: dans une collision, au moins deux objets se retrouvent groupés; dans une explosion, au moins deux objets se séparent.

5.3 Les collisions

LES ATTENTES: A1; C2; C3

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Application de la méthode scientifique: A1.4; A1.5; A1.6

Acquisition d'habiletés en résolution de problèmes, en recherche scientifique et en communication:
C2.1; C2.5; C2.6; C2.7

Compréhension et interprétation des concepts: C3.3

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

LE VOCABULAIRE

- une collision élastique
- la conservation de l'énergie cinétique
- une collision inélastique
- une collision parfaitement élastique
- une collision parfaitement inélastique

LES HABILITÉS

Exécuter	Analyser
Observer	Communiquer

LE MATÉRIEL

par groupe:

- 1 pendule de Newton

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation 1: Connaissance et compréhension

Grille d'évaluation 2: Habiletés de la pensée

Résumé de l'évaluation 1: Connaissance et compréhension

Résumé de l'évaluation 2: Habiletés de la pensée

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

FR 5.3.1 L'analyse de collisions en une dimension

FR 5.3.2 L'analyse de la quantité de mouvement dans un boulet de canon de Galilée

Boîte à outils A2.1 (titre à venir)

Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

L'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ACQUISES

Assurez-vous que les élèves peuvent:

- différencier les collisions élastiques des collisions inélastiques;
- donner des exemples de collisions élastiques et inélastiques;
- expliquer la raison pour laquelle les collisions parfaitement élastiques et parfaitement inélastiques ne peuvent pas survenir;
- expliquer le mouvement du pendule de Newton à l'aide des lois de la conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie.

LES CONNAISSANCES ACQUISES EN SCIENCES

- La plupart des collisions sont inélastiques, car une partie de l'énergie cinétique se convertit en énergie acoustique et lumineuse ou se dissipe sous forme de chaleur.
- La quantité de mouvement reste intacte dans tous les types de collisions.
- L'énergie est une grandeur scalaire, tandis que la quantité de mouvement est une grandeur vectorielle. Peu importe donc l'orientation du mouvement des objets dans la résolution de problèmes de collisions. Par contre, l'orientation de la quantité de mouvement reste importante.
- Isaac Newton n'est pas l'inventeur du pendule de Newton. Ce dispositif illustre la conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique dans des collisions quasi élastiques.

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

MOTIVER ET ACTIVER

- Demandez aux élèves d'imaginer deux objets inélastiques qui entrent en collision frontale, par exemple deux boules de neige. Elles sont inélastiques, donc elles ne rebondissent pas l'une contre l'autre et s'encastrent l'une dans l'autre. Si leurs masses étaient identiques et leurs vecteurs vitesse opposés, elles s'arrêteraient en plein vol et leur énergie cinétique serait nulle. En conséquence, dans une collision inélastique, l'énergie cinétique n'est pas toujours intacte contrairement à la quantité de mouvement.

- Illustrez à l'aide d'une balle de tennis et d'un ballon de basketball le concept du boulet de canon de Galilée. Invitez les élèves à vous expliquer la raison pour laquelle la balle de tennis a rebondi à une hauteur supérieure à celle de sa chute.
- Sinon, cherchez en ligne une vidéo explicative à ce sujet.

EXPLORER ET EXPLIQUER

- Invitez les élèves à effectuer l'activité intitulée **Mène une expérience : Le pendule de Newton**.

MÈNE UNE EXPÉRIENCE : LE PENDULE DE NEWTON

Habilités : exécuter, observer, analyser et communiquer.

Matériel (par groupe) : 1 pendule de Newton.

Objectif : Les élèves observent le mouvement du pendule et formulent les résultats qu'ils prévoient observer sur les effets de la collision des billes métalliques.

Remarques

- Conseillez aux élèves d'éviter les élans trop vigoureux. Il suffit de soulever la bille à une certaine hauteur et de la relâcher doucement.
 - Les élèves observent la hauteur qu'atteignent les billes aux deux extrémités du pendule et constatent la conservation de la quantité de mouvement du système. Elles et ils constatent aussi la conservation de la majorité de l'énergie cinétique. Chaque élan provoque une dissipation d'énergie cinétique sous la forme de frottement et d'énergie acoustique.
 - Les élèves doivent établir une corrélation entre cette expérience et la conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique dans des collisions quasi élastiques.
- Attirez l'attention des élèves sur la **leçon 5.3.1** aux pages 235 et 236 de leur manuel et examinez le **problème type 1** avec eux. Rappelez-leur les lois de la conservation de l'énergie cinétique et de la quantité de mouvement dans les collisions parfaitement élastiques. Les élèves s'appuieront sur ces deux lois pour déterminer la vitesse finale des deux objets. Expliquez-leur que les problèmes associés aux collisions parfaitement élastiques comportent généralement deux variables inconnues dans les deux équations, soit l'une liée à la loi de la conservation de la quantité de mouvement et l'autre à la loi de la conservation de l'énergie cinétique. Revoyez avec les élèves la notion de substitution dans les équations. La résolution de systèmes d'équations passe par la méthode de réduction, mais elle convient mieux aux systèmes linéaires. L'énergie cinétique correspondant au carré de la vitesse, il vaut mieux résoudre le problème par la méthode de substitution.
 - Allouez du temps aux élèves pour résoudre les problèmes de la rubrique **Exerce-toi**.
 - Attirez l'attention des élèves sur la **leçon 5.3.2** aux pages 237 et 238 de leur manuel et examinez les deux problèmes types avec eux. Dans le **problème type 1**, signalez de nouveau que dans une collision parfaitement inélastique, il y a uniquement conservation de la quantité

de mouvement. Les deux véhicules restent groupés après l'impact, ils deviennent un seul objet. La masse de cet objet est la somme des masses des véhicules. La vitesse finale est la vitesse de l'objet. Dans le **problème type 2**, le problème de collision se transforme en problème de conservation de l'énergie. Conformément à la loi de la conservation de l'énergie en action ici, l'énergie cinétique après l'impact est égale à l'énergie gravitationnelle au moment de la hauteur maximale de l'élan.

- Allouez du temps aux élèves pour résoudre les problèmes de la rubrique **Exerce-toi**.

APPROFONDIR ET ÉVALUER

- Invitez les élèves à citer des activités sportives comportant des collisions, à préciser si elles sont élastiques ou inélastiques et à en expliquer la raison en fonction du sport. (Par exemple, au hockey, la collision entre le bâton et la rondelle est plus élastique qu'entre la rondelle et la jambière du gardien de but. Le bâton doit être plus élastique pour faciliter les passes et les lancers frappés. La jambière du gardien doit être inélastique pour arrêter la rondelle.)
- Invitez les élèves à remplir la fiche reproductible *FR 5.3.1 L'analyse de collisions en une dimension*. Elles et ils s'y exercent à prévoir les résultats de collisions élastiques et inélastiques.
- Distribuez la fiche reproductible *FR 5.3.2 L'analyse de la quantité de mouvement dans un boulet de canon de Galilée* aux élèves. Invitez-les à y approfondir cette notion.
- Invitez les élèves à répondre aux questions de la page 239 de leur manuel.
- Vous trouverez les solutions complètes dans l'annexe C du manuel.

MÉMO POUR LE PROJET DU MODULE

- Rappelez aux élèves que ce qu'elles et ils ont appris dans cette section au sujet des collisions leur sera utile lorsqu'ils effectueront le projet du module.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Invitez les élèves à proposer des méthodes de mémorisation des concepts de collisions élastiques et inélastiques et la façon de les différencier. Les apprenantes et apprenants auditifs favoriseront les rimes ou les chansons; les apprenantes et apprenants visuels privilégieront les illustrations ou les organigrammes, et les apprenantes et apprenants kinesthésiques feront la démonstration des concepts.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Invitez les élèves à chercher la signification des mots *élastique* et *inélastique*. À une extrémité du tableau, écrivez «Parfaitement inélastique» et à l'autre extrémité, «Parfaitement élastique». À la suite d'une séance de remue-méninges, les élèves nomment des objets qui

entrent souvent en collision et les situent entre les deux extrémités. Par exemple, une balle au rebond se situe près de l'extrémité «Parfaitement élastique» et une éponge mouillée, près de l'extrémité «Parfaitement inélastique».

5.4 Les collisions élastiques frontales

LES ATTENTES: C2

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Acquisition d'habiletés en résolution de problèmes, en recherche scientifique et en communication:
C2.1; C2.5; C2.6; C2.7

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

LE VOCABULAIRE

- une collision élastique frontale

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation 1: Connaissance et compréhension

Grille d'évaluation 4: Mise en application

Résumé de l'évaluation 1: Connaissance et compréhension

Résumé de l'évaluation 4: Mise en application

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

L'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ACQUISES

Assurez-vous que les élèves peuvent :

- mettre en application les lois de la conservation de l'énergie cinétique et de la quantité de mouvement pour obtenir les équations de la vitesse finale de deux corps dans une collision frontale;
- poser l'équation obtenue et déterminer la vitesse finale d'objets dans des collisions frontales.

LES CONNAISSANCES ACQUISES EN SCIENCES

- Une partie de l'énergie cinétique dans la plupart des collisions est dissipée en son, en énergie et en lumière. Dans la majorité des cas, au moins un objet est déformé de façon permanente (par exemple, les pare-chocs d'une voiture ou une boîte de conserve). Il y a alors perte d'énergie cinétique

totale. Une collision est parfaitement élastique si l'énergie cinétique reste intacte. Cela dit, toutes les collisions sont plus ou moins inélastiques.

La perte d'énergie cinétique est alors parfois négligeable. Elles constituent donc des collisions quasi parfaitement élastiques.

- Les collisions de glisseurs sur un rail pneumatique représentent des collisions quasi parfaitement élastiques. Le ressort diminue la dissipation d'énergie liée au frottement et à la déformation permanente des objets.

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

MOTIVER ET ACTIVER

- Installez un rail pneumatique et exécutez différents types de collisions frontales. Invitez les élèves à prédire les résultats sur le mouvement des deux objets. Vous pouvez modifier la masse et la vitesse des glisseurs. Gardez les variables constantes, mais changez l'une d'elles à chaque essai. Les élèves observent ainsi l'influence de chaque variable sur les résultats.
- Les élèves effectuent l'**Expérimentation 5.4.1** avant de s'attaquer aux équations de la vitesse finale. Si c'est la démarche que vous favorisez, évitez la rubrique **Approfondis ta démarche** avant l'apprentissage des équations. Vous pourriez remettre la réalisation de l'expérimentation après l'étude des notions pour en examiner les résultats.

EXPLORER ET EXPLIQUER

- Attirez l'attention des élèves sur la **leçon 5.4.1** aux pages 242 et 243 de leur manuel et examinez les deux problèmes types avec eux. Au préalable, vous pourriez écrire au tableau les équations traitées dans cette section. Dans le **problème type 1**, le deuxième objet est stationnaire avant la collision. Une version simplifiée de l'équation suffit. Signalez que l'orientation [E] est positive dans cette équation. Refaites-la avec l'orientation positive [O] et montrez aux élèves que le résultat est identique. Dans le **problème type 2**, différenciez les variables des objets 1 et 2 au moyen de craies ou de marqueurs de couleur pour éviter que les élèves n'y substituent des valeurs erronées.
- Allouez du temps aux élèves pour résoudre les problèmes de la rubrique **Exerce-toi**.
- Invitez les élèves à examiner les **figures 5.16** et **5.17** à la page 244 de leur manuel. Invitez-les à analyser le graphique de la **figure 5.17**. Les élèves doivent faire le lien entre les sections du schéma et les intervalles de temps correspondant à la collision illustrée à la **figure 5.16**. (L'orientation des glisseurs est modifiée et le ressort est comprimé au maximum au moment où l'extrémité de la courbe bleue est la plus prononcée vers le bas et l'extrémité de la courbe verte, vers le haut.)
- Attirez l'attention des élèves sur la **leçon 5.4.2** aux pages 245 à 247 de leur manuel et examinez le problème type

avec eux. Dans le **problème type 1**, l'erreur la plus fréquente est de croire que les vitesses des chariots sont nulles si la compression du ressort est maximale. Le ressort est comprimé au maximum si les vitesses des chariots sont nulles seulement lors d'une collision où les chariots rebondissent l'un contre l'autre. Dans la partie a), le problème concerne la compression du ressort à un moment précis. Déterminez d'abord la vitesse du premier objet à ce moment précis à l'aide de l'équation de la conservation de la quantité de mouvement. Déterminez ensuite la compression du ressort en faisant appel à la loi de la conservation de l'énergie.

- Allouez du temps aux élèves pour résoudre les problèmes de la rubrique **Exerce-toi**.

APPROFONDIR ET ÉVALUER

- Les élèves peuvent prévoir les résultats de collisions de systèmes comportant au moins trois objets.
- Demandez aux élèves d'effectuer l'**Expérimentation 5.4.1** de leur manuel. Les pistes pédagogiques concernant cette activité se trouvent aux pages 115 et suivantes du présent guide.
- Invitez les élèves à répondre aux **Questions** de la page 248 de leur manuel.
- Vous trouverez les solutions complètes dans l'annexe C du manuel.

MÉMO POUR LE PROJET DU MODULE

- Rappelez aux élèves que ce qu'elles et ils ont appris dans cette section au sujet des collisions élastiques frontales leur sera utile lorsqu'ils effectueront le projet du module.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Les apprenantes et apprenants visuels apprécieront votre utilisation de craies ou de marqueurs de couleur pendant la leçon pour différencier les deux objets et leurs variables. Faites de même avec le rail pneumatique et les glisseurs.
- Demandez aux élèves de proposer des méthodes de mémorisation des équations. Les apprenantes et apprenants auditifs recourront à la mnémonique. Les apprenantes et apprenants visuels et kinesthésiques trouveront avantage à écrire les équations à répétition.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- En physique, le mot *frontal* signifie que les objets s'approchent l'un de l'autre en sens contraire. Dans la vie courante, l'expression *de plein fouet* est synonyme de *frontal* dans le cas d'une collision.

5.5

Les collisions non frontales en deux dimensions

LES ATTENTES: A1; C2

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Application de la méthode scientifique: A1.4; A1.5; A1.6

Acquisition d'habiletés en résolution de problèmes, en recherche scientifique et en communication: C2.1; C2.5; C2.6; C2.7

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

LE VOCABULAIRE

- une collision non frontale

LES HABILITÉS

Exécuter
Observer

Analyser
Communiquer

LE MATÉRIEL

par élève:

- des lunettes de protection

par groupe:

- 1 table à coussin d'air
- 2 rondelles
- de petites billes
- des boules de billard

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation 1 : Connaissance et compréhension

Grille d'évaluation 2 : Habiletés de la pensée

Résumé de l'évaluation 1 : Connaissance et compréhension

Résumé de l'évaluation 2 : Habiletés de la pensée

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

FR 5.5.1 L'analyse de collisions en deux dimensions

FR 5.5.2 Les collisions en deux dimensions

Boîte à outils A2.1 (titre à venir)

Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

L'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ACQUISES

Assurez-vous que les élèves peuvent :

- exprimer la vitesse et la quantité de mouvement qui correspondent à la somme de leurs composantes verticales et horizontales;
- obtenir la vitesse ou la quantité de mouvement d'au moins deux objets par l'addition de leurs composantes respectives.

LES CONNAISSANCES ACQUISES EN SCIENCES

- Imaginez la collision de deux objets. Supposez que la masse de chaque objet est une masse ponctuelle, c'est-à-dire qu'elle n'occupe aucun volume. Ce type de collision représente toujours une collision linéaire ou frontale.
- La conservation de la quantité de mouvement s'étend à toutes les catégories de collisions. La conservation de l'énergie cinétique ne concerne que les collisions élastiques. Il ne faut jamais présumer que toutes les collisions sont élastiques.
- De nombreuses activités sportives exploitent les principes qui sous-tendent les collisions, par exemple le curling et le jeu de billard. Mis à part l'angle avec lequel une pierre en touche une autre, ce sont les membres de l'équipe de curling qui décident de sa vitesse de déplacement en balayant la surface de la glace devant la pierre. Ils en modifient ainsi la quantité de mouvement et influencent la trajectoire des deux pierres après leur impact.

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

MOTIVER ET ACTIVER

- Invitez deux élèves à l'avant de la classe. Demandez-leur de jouer à une variante du jeu de football sur table avec deux pièces de 25 ¢. Il s'agit ici de lancer la pièce la plus proche et de percuter l'autre pièce vers l'avant, plutôt que de lancer la pièce la plus proche entre deux autres pièces pour avancer. Si la joueuse ou le joueur ne parvient pas d'un seul lancer à toucher l'autre pièce, elle ou il doit passer son tour. De même, si la pièce quitte le périmètre déterminé. Une joueuse ou un joueur obtient un point si elle ou il parvient à faire rebondir la pièce entre les deux montants situés à l'extrémité opposée de la table. À la fin de cet exercice, permettez aux élèves de jouer quelques parties.

EXPLORER ET EXPLIQUER

- Invitez les élèves à effectuer l'activité intitulée **Mène une expérience : Les collisions non frontales**.

MÈNE UNE EXPÉRIENCE : LES COLLISIONS NON FRONTALES

Habilités : exécuter, observer, analyser et communiquer.

Matériel (par élève) : des lunettes de protection; **(par groupe) :** 1 table à coussin d'air, 2 rondelles, de petites billes, des boules de billard.

Objectif : Les élèves réalisent des collisions non frontales dans le but d'en observer le déroulement et d'en analyser les effets.

Les mesures de sécurité : Avertissez les élèves de tirer sur la fiche et non sur le cordon pour débrancher la table. Elles et ils doivent porter des chaussures à bout fermé pour protéger leurs pieds en cas de chute d'une des rondelles.

Remarques

- Au premier essai, une des deux rondelles est au repos. Les élèves poursuivent l'expérience en adoptant divers angles et différentes vitesses de collision des rondelles. Elles et ils observent les variations de la vitesse finale et des trajectoires.
- Les élèves constatent que l'angle de la collision non frontale influe considérablement sur la trajectoire et l'intensité.
- Les élèves font le lien entre la trajectoire après l'impact et la conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique, plus particulièrement l'angle de rebond des deux rondelles.
- Invitez les élèves à répondre aux questions de leur manuel.
- Vous pourriez installer divers postes de laboratoire dans la salle de classe. Chaque installation permet la réalisation d'une collision élastique non frontale différente. Une équipe choisit la table à coussin d'air et d'autres optent pour les billes ou les boules de billard. Invitez-les à s'échanger les postes de laboratoire.

- Attirez l'attention des élèves sur la **leçon 5.5.1** aux pages 250 à 252 de leur manuel et examinez les deux problèmes types avec eux. Avant d'amorcer la leçon, passez en revue les concepts relatifs aux composantes et à la trigonométrie. Donnez-leur des exemples de vecteurs correspondant à la somme de leurs composantes. Invitez les élèves à respecter une certaine uniformité en se conformant à la notation des indices de leur manuel.

Dans le **problème type 1**, la collision est vraisemblablement élastique. Les élèves déterminent l'orientation de la vitesse finale de la pierre en exploitant les lois de la conservation de la quantité de mouvement sur l'axe des x et sur l'axe des y . Le recours à la trigonométrie et aux angles droits permettrait aux élèves de calculer chaque composante. Poursuivez l'utilisation de la notation et des orientations positives dans le **problème type 2**. Revoyez l'équation du théorème de Pythagore avec les élèves. Elles et ils s'en servent pour résoudre le problème.

- Allouez du temps aux élèves pour résoudre les problèmes de la rubrique **Exerce-toi**.

APPROFONDIR ET ÉVALUER

- Distribuez la fiche reproductible *FR 5.5.1 L'analyse de collisions en deux dimensions* aux élèves et invitez-les à en faire les exercices. Les élèves affineront leur habileté à prédire les résultats de collisions non frontales.
- Élargissez le concept de collision non frontale et de déplacement des objets après l'impact pour englober les systèmes comportant au moins trois objets.
- Distribuez la fiche reproductible *FR 5.5.2 Les collisions en deux dimensions* aux élèves. Invitez-les à faire les exercices et à répondre aux questions. Les élèves

apprendront à mieux déchiffrer des schémas ressemblant à des images stroboscopiques.

- Invitez les élèves à répondre aux questions de la page 253 de leur manuel.
- Vous trouverez les solutions complètes dans l'annexe C du manuel.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Invitez les élèves à proposer différents types de collisions. Les apprenantes et apprenants kinesthésiques et visuels préféreront l'utilisation de l'informatique. Les apprenantes et apprenants auditifs opteront pour la tenue d'un remue-méninges de groupe. Les élèves classent les collisions dans les catégories élastique ou inélastique, frontale ou non frontale. Elles et ils notent les effets de chaque collision.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Montrez aux élèves des exemples de collisions frontales et comparez-les avec des collisions non frontales. Invitez les élèves à énumérer les similarités et les différences observées.
- Invitez les élèves à rechercher la définition de l'expression *non frontale* et du mot *oblique* et d'en comparer la signification.

5.6

Explorer les applications de la quantité de mouvement

LES ATTENTES: A1; A2; C1; C2

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Application de la méthode scientifique: A1.3; A1.7; A1.9; A1.10; A1.11

Exploration des choix de carrière: A2.1

Rapprochement entre la culture scientifique

et technologique et l'environnement: C1.1; C1.2

Acquisition d'habiletés en résolution de problèmes, en recherche scientifique et en communication: C2.5; C2.6

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

LES HABILITÉS

Mener une recherche	Communiquer
Analyser	Proposer des choix
Évaluer	

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation 10: (titre à venir)

Résumé de l'évaluation 10: (titre à venir)

Liste de vérification 10: (titre à venir)

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

Boîte à outils A4 (titre à venir)

Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

L'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ACQUISES

Assurez-vous que les élèves peuvent:

- nommer plusieurs dispositifs de sécurité et de protection automobiles pour les automobilistes et leurs passagers;
- exploiter les lois de la conservation de la quantité de mouvement et d'énergie et expliquer le fonctionnement de certains d'entre eux dans la réduction des risques de blessures graves;
- communiquer l'importance d'une conduite automobile prudente et expliquer la fonction des dispositifs de sécurité à partir des concepts d'énergie et de quantité de mouvement.

LES CONNAISSANCES ACQUISES EN SCIENCES

- Les mannequins de simulation d'impact imitent la taille, le poids et les articulations d'une ou d'un automobiliste ou d'un passager. Ils sont équipés de multiples détecteurs qui enregistrent les résultats relatifs au comportement dynamique du corps au cours de la simulation d'un accident. Les ingénieurs automobiles peuvent donc procéder à des essais, en observer les répercussions sur le corps humain et constater les blessures qui en découlent.

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

L'APPLICATION

- Les ceintures de sécurité, le système de freinage antiblocage, les coussins gonflables et l'électrostabilisateur programmé sont des dispositifs de sécurité qui visent à diminuer le nombre de morts et la gravité des blessures dans les accidents. Certains dispositifs de sécurité ne sont pas obligatoires et se révèlent plutôt onéreux à installer. Les consommateurs doivent se renseigner, en analyser l'utilité, puis établir une comparaison coûts/avantages.
- Vous pourriez demander aux élèves de nommer quelques-uns des dispositifs de sécurité de la voiture familiale.

TON OBJECTIF

- Invitez les élèves à décrire les dispositifs de sécurité énumérés en s'appuyant sur les concepts de l'énergie et de la quantité de mouvement.

LA RECHERCHE

- Formez des équipes en fonction du nombre de dispositifs proposés par les élèves. Confiez à chacune d'elles la recherche sur un des dispositifs. Invitez les

élèves à s'inspirer de la liste à puces de la page 255 de leur manuel.

LA SYNTHÈSE

- Laissez les élèves faire la synthèse de leurs résultats de recherche en choisissant la présentation qu'elles et ils préfèrent. Le travail regroupe les quatre questions de la rubrique **La synthèse** de la page 255 de leur manuel.

LA PRÉSENTATION DU RAPPORT

- Accordez 10 minutes à chaque équipe pour la présentation des résultats de leur recherche à leurs camarades de classe.

LE PLAN D'ACTION

- Les élèves discutent de la possibilité d'élaborer un exposé de leurs résultats à partir de leurs présentations et de le présenter au conseil scolaire ou à l'association parents-maîtres. Ces organismes pourront ensuite décider de la pertinence d'installer ou non ces dispositifs sur les prochains véhicules qu'ils achèteront. Cet exposé doit également comprendre un tableau comparatif des frais d'installation, des coûts de réparation des véhicules et des torts subis par les passagers.
- Vous trouverez des exemples de réponses dans l'annexe C du manuel.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Les élèves peuvent choisir eux-mêmes le mode de présentation de leurs découvertes. Elles et ils peuvent créer une vidéo, jouer un sketch, concevoir une affiche, préparer un diaporama ou composer une chanson. Il faut inciter les élèves à choisir la présentation qui convient à tous les styles d'apprentissage.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Répartissez les élèves en apprentissage du français parmi les groupes pour encourager l'entraide et demandez-leur de discuter des résultats de leur recherche individuelle dans le cadre du projet.

5.7

La chronique de physique

LES ATTENTES: A1; A2; C1; C3

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Application de la méthode scientifique: A1.3; A1.7; A1.9; A1.10; A1.11

Exploration des choix de carrière: A2.2

Rapprochement entre la culture scientifique et technologique et l'environnement: C1.2

Compréhension et interprétation des concepts: C3.5

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

Boîte à outils A3 (titre à venir)
Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

- Invitez les élèves à expliquer ce qui a poussé Wolfgang Pauli à formuler une hypothèse sur l'existence des neutrinos en 1930.
- Demandez aux élèves d'expliquer la raison pour laquelle il est important de construire les observatoires de neutrinos à de très grandes profondeurs dans le sol. (La matière du sol protège le détecteur du rayonnement cosmique – c'est-à-dire des particules à haute énergie –, lequel pourrait masquer les indices de la présence de neutrinos.)
- Expliquez aux élèves ce que représentent 2 kilomètres de profondeur en leur donnant comme exemple la Tour du CN à Toronto qui mesure 553,33 m, soit 10 000 marches d'escalier, pour se rendre à 2 km sous la surface terrestre.
- Invitez les élèves à discuter des possibles répercussions écologiques découlant de l'installation d'imposants détecteurs de neutrinos dans le sol. Il s'agit de mettre en balance les avantages de la recherche et ses conséquences négatives.
- Invitez les élèves à répondre aux questions de la page 257 de leur manuel.
- Vous trouverez les solutions complètes dans l'annexe C du manuel.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Vous pourriez proposer aux élèves qui s'intéressent à l'informatique de créer un blogue, un site wiki ou un site Internet qui servirait à afficher des rapports, des résultats d'expérience, des exposés, des illustrations, des vidéos, des liens ainsi que d'autres types de renseignements associés à la recherche sur les neutrinos.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Formez des équipes composées d'une ou d'un élève francophone et d'une ou d'un élève en apprentissage du français pendant la lecture de la chronique. Suggérez-leur de poser des questions sur le texte si elles et ils ne comprennent pas la signification d'un mot de vocabulaire ou d'un terme scientifique.

Expérimentation 5.2.1 Expérience en laboratoire: La conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension

LES ATTENTES: A1; C2

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Application de la méthode scientifique: A1.1; A1.2; A1.4; A1.5; A1.6; A1.8; A1.10; A1.11; A1.12; A1.13

Acquisition d'habiletés en résolution de problèmes, en recherche scientifique et en communication:
C2.1; C2.5; C2.7

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

LES HABILITÉS

Formuler une hypothèse	Observer
Prédire le résultat	Analyser
Contrôler les variables	Évaluer
Exécuter	Communiquer

LE MATÉRIEL

par élève:

- des lunettes de protection

par groupe:

- 2 chariots dynamiques équipés d'aimants et d'attaches en velcro
- 1 rail
- des masses de 2 g à 500 g
- des détecteurs de mouvement ou des minuteurs-enregistreurs

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation 5: Expérience en laboratoire
Résumé de l'évaluation 5: Expérience en laboratoire
Liste de vérification 1: Expérience en laboratoire

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

FR 5.2.1.1 Expérimentation: La conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension – tableaux de résultats

FR 5.2.1.2 Expérimentation: La conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension – échantillons de résultats (à l'usage du personnel enseignant)

Boîte à outils A2.2 (titre à venir)

Boîte à outils A5.5 (titre à venir)

Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

L'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ACQUISES

Assurez-vous que les élèves peuvent:

- noter précisément dans un tableau les résultats fournis par les détecteurs de mouvement;
- calculer la quantité de mouvement totale du système avant et après la collision à partir des résultats recueillis au cours de l'expérience;
- calculer les résultats théoriques en se basant sur la conservation de la quantité de mouvement et les comparer ensuite avec les résultats de l'expérience;
- formuler des conclusions qui reposent sur le pourcentage d'erreur entre la vitesse théorique et la vitesse finale des objets comme preuve de la solidité de leur hypothèse.

LES CONNAISSANCES ACQUISES EN SCIENCES

- La loi de la conservation de la quantité de mouvement stipule que la collision de deux objets ou plus n'entraîne pas une perte de la quantité de mouvement totale. L'équation correspondant à la loi de la conservation de la quantité de mouvement est $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_f + m_2 \vec{v}_f$.
- Lors de la collision d'un chariot en mouvement et d'un chariot stationnaire, le ralentissement du premier chariot découle de la force résultante qu'exerce sur lui le second chariot. L'accélération du chariot stationnaire provient de la force résultante que le chariot en mouvement exerce sur lui. Selon la troisième loi du mouvement de Newton, ces forces sont égales et opposées. La collision entraîne un changement de la quantité de mouvement des deux chariots.

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

LES MESURES DE SÉCURITÉ

- Portez des chaussures à bout fermé pour protéger vos pieds en cas de chute d'une masse. Tirez sur la fiche et non sur le cordon pour débrancher les détecteurs de mouvement ou les enregistreurs-minuteurs.
- Poussez doucement les chariots l'un vers l'autre.

- L'objectif consiste ici à examiner la conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension. Les élèves calculent la quantité de mouvement totale avant et après l'impact.
- Invitez les élèves à effectuer cette activité en petits groupes. Chacun des membres des équipes prédit le mouvement des chariots avant l'impact. Toute la classe ou chaque équipe décide par vote du résultat le plus susceptible de se réaliser.

QUESTION VÉRIFIABLE

- Posez la **question vérifiable** à la classe. Orientez la discussion vers de possibles méthodes de résolution du problème.
- Signalez aux élèves que leur démarche s'apparente à celle des scientifiques et des théoriciens qui ont formulé la loi de la conservation de la quantité de mouvement. Les élèves doivent mener cette expérience comme si elles et ils ignoraient la corrélation entre la quantité de mouvement initiale totale et la quantité de mouvement finale totale.

HYPOTHÈSE

- Une hypothèse est une proposition présentée sous la forme d'un énoncé, accompagnée de la démarche de mise à l'essai que suivra l'élève. Par exemple, *la quantité de mouvement initiale totale d'un système est égale à la quantité de mouvement finale totale d'un système dans une collision en une dimension. Si la quantité de mouvement totale est la même avant et après la collision de deux chariots dynamiques, et ce, malgré des masses différentes et des variations de vitesse, la loi de la conservation de la quantité de mouvement est confirmée.*

VARIABLES

- Les quatre variables sont la masse et la vitesse de chacun des chariots. Rappelez aux élèves de garder trois des variables constantes à chaque essai et de n'en modifier que la dernière.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

- C'est une expérience qui est faite en laboratoire. Les élèves mettent en pratique la loi de la conservation de la quantité de mouvement au cours de collisions inélastiques en une dimension à l'aide de chariots, de détecteurs de mouvement ou d'un minuteur-enregistreur. Elles et ils provoquent la collision des chariots. Les détecteurs de mouvement enregistrent leur vitesse respective avant et après l'impact.
- Vérifiez la progression individuelle des élèves dans l'élaboration de leur dispositif expérimental.
- Laissez les élèves discuter entre eux des titres des colonnes de leur tableau.
- Posez la question suivante aux élèves : *Est-il important que la collision soit élastique dans cette expérience?* (Exemple de réponse: Non, la conservation de la quantité de mouvement vaut aussi pour les collisions inélastiques.)

MATÉRIEL

- Dites aux élèves de calibrer le détecteur de mouvement. Ayez avec vous les mises à jour des logiciels et des logiciels du détecteur de mouvement.

MARCHE À SUIVRE

- Les élèves notent leurs observations sur la fiche reproductible *FR 5.2.1.1 Expérimentation: La conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension – tableaux de résultats*. La fiche reproductible

FR 5.2.1.2 Expérimentation: La conservation de la quantité de mouvement dans une collision en une dimension – échantillons de résultats est à l'usage exclusif du personnel enseignant. Elle vous permet de vérifier les résultats des élèves.

- Invitez les élèves à pousser les chariots de manière à éviter le bris de matériel.
- Invitez les élèves à refaire au moins deux fois le même essai et à noter la moyenne des résultats obtenus pour des résultats plus exacts.

OBSERVATIONS

- Les élèves constatent que la quantité de mouvement est la même avant et après la collision. Elles et ils ne doivent pas oublier que la vitesse est une grandeur vectorielle.
- Rappelez aux élèves de présenter les résultats de la façon la plus claire possible et de les enregistrer pour s'en servir plus tard dans leurs calculs.
- Vous trouverez les solutions complètes dans l'annexe C du manuel.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Pensez aux apprenantes et apprenants auditifs en décrivant clairement les étapes de l'expérience. Montrez le fonctionnement du matériel aux apprenantes et apprenants visuels et kinesthésiques.
- Les apprenantes et apprenants kinesthésiques voudront refaire l'expérience à l'aide d'autres objets, par exemple des rails pneumatiques et des glisseurs équipés d'une boucle et d'un crochet.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Invitez les élèves à revoir leurs notes sur les expressions ou les mots *quantité de mouvement*, *énergie cinétique* et *collision* avant le début de l'expérience.
- Rappelez aux élèves en apprentissage du français de garder à portée de la main leurs notes et leurs listes de vocabulaire pendant le déroulement de l'expérience et le suivi. Invitez-les à les consulter si elles et ils éprouvent des difficultés à saisir un concept ou la signification d'une expression au cours de l'expérience.
- Écrivez au tableau les mots clés, accompagnés d'une brève définition.

Expérimentation 5.4.1 Expérience en laboratoire: Les collisions élastiques frontales

LES ATTENTES: A1; C2

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Application de la méthode scientifique: A1.1; A1.2; A1.4; A1.5; A1.6; A1.8; A1.10; A1.11; A1.12; A1.13

Acquisition d'habiletés en résolution de problèmes, en recherche scientifique et en communication : C2.1; C2.5; C2.6; C2.7

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

LES HABILITÉS

Formuler une hypothèse	Observer
Prédire le résultat	Analyser
Contrôler les variables	Évaluer
Exécuter	Communiquer

LE MATÉRIEL

par élève:

- des lunettes de protection

par groupe:

- 2 chariots dynamiques
- 1 rail
- des masses de 2 g à 500 g
- des détecteurs de mouvement ou des minuteurs-enregistreurs

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation 5: Expérience en laboratoire

Résumé de l'évaluation 5: Expérience en laboratoire

Liste de vérification 1: Expérience en laboratoire

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

FR 5.4.1.1 Expérimentation: Les collisions élastiques frontales – tableaux de résultats

FR 5.4.1.2 Expérimentation: Les collisions élastiques frontales – échantillons de résultats (à l'usage du personnel enseignant)

Boîte à outils A2.2 (titre à venir)

Boîte à outils A5.5 (titre à venir)

Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

L'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ACQUISES

Assurez-vous que les élèves peuvent:

- noter précisément dans un tableau les résultats fournis par les détecteurs de mouvement;
- calculer la quantité de mouvement totale et l'énergie cinétique du système avant et après la collision à partir des résultats recueillis au cours de l'expérience;
- calculer les résultats théoriques en se basant sur la conservation de la quantité de mouvement et les comparer ensuite avec les résultats de l'expérience;

- formuler des conclusions qui reposent sur le pourcentage d'erreur entre la vitesse théorique et la vitesse finale des objets comme preuve de la solidité de leur hypothèse.

LES CONNAISSANCES ACQUISES EN SCIENCES

- Les collisions de glisseurs qui se produisent sur un rail pneumatique sont quasi parfaitement élastiques. Il y a donc conservation de l'énergie cinétique du système. Le frottement que génèrent le ressort et la déformation des objets diminue la perte d'énergie.
- Rappelez aux élèves les équations relatives à la vitesse finale d'un objet dans une collision élastique frontale si un des deux objets est stationnaire. Les élèves trouveront ces équations à la page 241 de leur manuel.

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

LES MESURES DE SÉCURITÉ

- Portez des chaussures à bout fermé pour protéger vos pieds en cas de chute d'une masse. Tirez sur la fiche et non sur le cordon pour débrancher les détecteurs de mouvement ou les enregistreurs-minuteurs.
- Poussez doucement les chariots l'un vers l'autre.

- L'objectif consiste ici à examiner la conservation de la quantité de mouvement dans des collisions élastiques frontales et les répercussions sur l'énergie cinétique du système.
- Invitez les élèves à effectuer cette activité en petits groupes. Assignez des tâches précises à chaque élève: prendre des notes, faire respecter les consignes de sécurité, assurer la gestion du matériel, etc.
- Si la classe dispose de rails pneumatiques, de glisseurs ou d'un logiciel de simulation, les élèves peuvent aussi réaliser l'expérience à l'aide de ce matériel.

QUESTIONS VÉRIFIABLES

- Posez les **questions vérifiables** à la classe. Orientez la discussion vers de possibles méthodes de résolution du problème.
- Posez la question suivante aux élèves: *Comment prépareriez-vous votre expérience pour obtenir des réponses à ces questions?* (Exemple de réponse: Par la gestion de la masse et de la vitesse des deux chariots à chaque essai de collision élastique frontale.)

HYPOTHÈSE

- Une hypothèse est une proposition présentée sous la forme d'un énoncé, accompagnée de la démarche de mise à l'essai que suivra l'élève. Par exemple, *la quantité de mouvement initiale totale d'un système est égale à la quantité de mouvement finale totale d'un système dans une collision en une dimension. Si la quantité de mouvement totale est la même avant et après la collision de deux chariots dynamiques, et ce, malgré des masses*

différentes et des variations de vitesse, la loi de la conservation de la quantité de mouvement est confirmée.

VARIABLES

- Les quatre variables sont la masse et la vitesse de chacun des chariots.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

- Invitez les élèves à discuter de l'objectif de cette expérience. Faites-leur lire la marche à suivre des parties A et B. Demandez-leur ensuite d'expliquer l'objectif poursuivi dans chaque cas. Dans la partie A, les élèves observent des collisions élastiques frontales et en analysent les effets sur le mouvement des chariots. Dans la partie B, la simulation offre des résultats théoriques. Si les élèves refont les parties A et B, elles et ils comparent les résultats de l'expérience avec les résultats théoriques.
- Vérifiez la progression individuelle des élèves dans l'élaboration de leur dispositif expérimental.
- Laissez les élèves discuter entre eux des titres des colonnes de leur tableau.

MATÉRIEL

- Dites aux élèves de calibrer le détecteur de mouvement. Ayez avec vous les mises à jour des micrologiciels et des logiciels du détecteur de mouvement.

MARCHE À SUIVRE

Partie A: L'expérience menée avec des chariots dynamiques

- Dans la partie A, les élèves observent le déroulement de diverses collisions frontales. Au préalable, invitez-les à créer un tableau de résultats où chaque colonne correspond clairement à un essai. Les élèves peuvent également noter leurs observations sur la fiche reproductible *FR 5.4.1.1 Expérimentation: Les collisions élastiques frontales – tableaux de résultats*, laquelle comprend des tableaux vierges.
- La fiche reproductible *FR 5.4.1.2 Expérimentation: Les collisions élastiques frontales – échantillons de résultats* est à l'usage exclusif du personnel enseignant. Elle vous permet de vérifier les résultats des élèves.
- Invitez les élèves à refaire au moins deux fois le même essai et à noter la moyenne des résultats obtenus pour des résultats plus exacts.

Partie B: La simulation à l'ordinateur

- Dans la partie B, les élèves effectuent une simulation à l'ordinateur. Les résultats recueillis se rapprochent des résultats théoriques. Les élèves peuvent vérifier la justesse de leurs calculs théoriques en les comparant avec ces résultats.

OBSERVATIONS

- La vitesse consécutive à une collision élastique frontale devrait correspondre aux équations de la page 241 de leur manuel. Par contre, le résultat de l'expérience devrait être inférieur à celui qu'offrent les équations de la vitesse, car les

collisions macroscopiques ne sont jamais parfaitement élastiques. La vitesse qu'enregistrent les élèves pendant l'expérience ne devrait pas dépasser les valeurs théoriques.

- Rappelez aux élèves de présenter les résultats de la façon la plus claire possible et de les enregistrer pour s'en servir plus tard dans leurs calculs.
- Vous trouverez les solutions complètes dans l'annexe C du manuel.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Pensez aux apprenantes et apprenants auditifs en décrivant clairement les étapes de l'expérience. Montrez le fonctionnement du matériel aux apprenantes et apprenants visuels et kinesthésiques.
- Les apprenantes et apprenants kinesthésiques voudront refaire l'expérience à l'aide d'autres objets, par exemple des rails pneumatiques et des glisseurs équipés de pare-chocs élastiques, afin d'en comparer les propriétés. La simulation intéressera particulièrement les apprenantes et apprenants visuels. Invitez-les à concevoir des problèmes, à en présenter une simulation à leurs camarades, puis à les résoudre à l'ordinateur, si possible.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Invitez les élèves à revoir les expressions ou les mots de vocabulaire tels que *quantité de mouvement*, *énergie cinétique*, *collision élastique*, *collision inélastique* et *collision frontale*, avant le début de l'expérience.
- Écrivez au tableau les mots clés, accompagnés d'une brève définition.

Expérimentation 5.5.1 Expérience en laboratoire: La conservation de la quantité de mouvement dans les collisions en deux dimensions

LES ATTENTES: A1; C2

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Application de la méthode scientifique: A1.1; A1.2; A1.4; A1.5; A1.6; A1.8; A1.10; A1.11; A1.12; A1.13

Acquisition d'habiletés en résolution de problèmes, en recherche scientifique et en communication: C2.1; C2.5; C2.6; C2.7

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

LES HABILITÉS

Mener une recherche	Exécuter
Formuler une hypothèse	Observer
Prédire le résultat	Analyser
Planifier	Évaluer
Contrôler les variables	Communiquer

LE MATÉRIEL

par élève:

- des lunettes de protection

par groupe:

- 1 table pneumatique
- 1 stroboscope
- 1 appareil photo numérique
- 2 rondelles
- 2 lanceurs

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation 5: Expérience en laboratoire

Résumé de l'évaluation 5: Expérience en laboratoire

Liste de vérification 1: Expérience en laboratoire

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

FR 5.5.2 Les collisions en deux dimensions

FR 5.5.1.1 Expérimentation: La conservation de la quantité de mouvement dans les collisions en deux dimensions – tableaux de résultats

Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

L'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ACQUISES

Assurez-vous que les élèves peuvent:

- interpréter l'image prise par l'appareil photo pendant l'utilisation du stroboscope;
- calculer la quantité de mouvement totale et l'énergie cinétique des composantes du système avant et après l'impact à partir des résultats recueillis pendant l'expérience;
- calculer les résultats théoriques en se basant sur la conservation de la quantité de mouvement et les comparer avec les résultats de l'expérience.

LES CONNAISSANCES ACQUISES EN SCIENCES

- Imaginez la collision de deux objets. Supposez que la masse de chaque objet est une masse ponctuelle. Ce type de collision représente toujours une collision linéaire ou frontale.
- La conservation de la quantité de mouvement s'étend à toutes les catégories de collisions. La conservation de l'énergie cinétique ne concerne que les collisions élastiques. Il ne faut jamais présumer que toutes les collisions sont élastiques.
- Un stroboscope est un appareil qui génère des éclairs lumineux à intervalles réguliers. Il permet notamment de capturer des objets en mouvement et de les présenter sous la forme d'une série d'images. Dans les photos, ces objets

sont espacés en raison de l'utilisation du stroboscope. Plus l'écart est grand, plus les objets se déplacent rapidement.

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

LES MESURES DE SÉCURITÉ

- Rappelez aux élèves de porter des chaussures à bout fermé pour protéger leurs pieds en cas de chute d'une rondelle. Elles et ils veillent à ce que leurs camarades restent à une distance sécuritaire de la table pneumatique. Il faut tirer sur la fiche et non sur le cordon pour débrancher le stroboscope ou la table pneumatique.
- Les éclairs lumineux du stroboscope peuvent déclencher des convulsions chez les personnes souffrant d'épilepsie photosensible. Ils peuvent aussi provoquer des migraines. Assurez-vous que les élèves ne fixent pas les éclairs lumineux. Si des élèves éprouvent un malaise dans l'obscurité ou lors de l'utilisation du stroboscope, conseillez-leur de fermer les yeux et de se coucher sur leur pupitre, ou encore invitez une ou un élève à les accompagner à l'extérieur de la pièce.

- L'objectif consiste ici à confirmer la conservation de la quantité de mouvement dans des collisions non frontales. Pour ce faire, les élèves calculeront la quantité de mouvement totale avant et après l'impact.
- Invitez les élèves à effectuer cette activité en petits groupes. Assignez des tâches précises à chaque élève: prendre des notes, faire respecter les consignes de sécurité, assurer la gestion du matériel, etc.
- Présentez aux élèves la photo d'un objet en mouvement produite pendant l'utilisation d'un stroboscope. Elles et ils verront mieux le déplacement de l'objet. Les élèves saisiront alors pleinement l'objectif que poursuit cette expérience. Signalez sur la photo les écarts les plus importants. Faites le lien entre ces écarts et la vitesse élevée du déplacement. Refaites de même avec les écarts plus faibles.
- Invitez les élèves à remplir la fiche reproductible *FR 5.5.2 Les collisions en deux dimensions*. Elles et ils apprendront à mieux interpréter les schémas ressemblant à des images stroboscopiques.

QUESTIONS VÉRIFIABLES

- Posez les **questions vérifiables** à la classe. Orientez la discussion vers de possibles méthodes de résolution du problème.
- Posez la question suivante aux élèves: *Qu'est-ce qui atteste la conservation de la quantité de mouvement dans cette expérience?* (Exemple de réponse: D'après les écarts constatés sur la photo, nous sommes en mesure de calculer la vitesse de la rondelle, donc la quantité de mouvement totale avant et après la collision non frontale. Si la quantité de mouvement est la même dans les deux cas, la conservation de la quantité de mouvement est confirmée.)

HYPOTHÈSE

- Une hypothèse est une proposition présentée sous la forme d'un énoncé, accompagnée de la démarche de mise à l'essai que suivra l'élève. Par exemple, *la quantité de mouvement initiale totale d'un système est égale à la quantité de mouvement finale totale d'un système dans une collision en une dimension. Si la quantité de mouvement totale est la même avant et après la collision de deux chariots dynamiques, et ce, malgré des masses différentes et des variations de vitesse, la loi de la conservation de la quantité de mouvement est confirmée.*

VARIABLES

- Les trois variables sont ici la vitesse des deux rondelles et l'angle de la collision non frontale entre les deux rondelles.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

- Invitez les élèves à discuter de l'objectif de cette expérience. Faites-leur lire la marche à suivre des parties A et B. Demandez-leur ensuite d'expliquer l'objectif poursuivi dans chaque cas.
- Dans la partie A, les élèves observent des collisions élastiques frontales et en analysent les effets sur le mouvement des chariots. Dans la partie B, la simulation offre des résultats théoriques. Si les élèves refont les parties A et B, elles et ils comparent les résultats de l'expérience avec les résultats théoriques.
- Vérifiez la progression individuelle des élèves dans l'élaboration de leur dispositif expérimental.

MATÉRIEL

- Si des élèves éprouvent un malaise dans l'obscurité ou lors de l'utilisation du stroboscope, conseillez-leur de fermer les yeux et de se coucher sur leur pupitre, ou encore invitez une ou un élève à les accompagner à l'extérieur de la pièce.

MARCHE À SUIVRE

Partie A: La table pneumatique

- Avant d'utiliser les rondelles, les élèves dessinent trois types de collisions, les conséquences prévues, auxquelles s'ajoutent les directives d'élaboration de l'expérience qu'ils aimeraient exécuter.
- Rappelez-leur l'importance de la sécurité en classe. Si des élèves éprouvent un malaise dans l'obscurité ou lors de l'utilisation du stroboscope, elles et ils peuvent choisir de quitter la classe, accompagnés par une ou un autre élève. Les élèves peuvent plutôt se concentrer sur la partie B.

Partie B: La simulation à l'ordinateur

- Dans la partie B, les élèves effectuent une simulation à l'ordinateur. Les résultats recueillis se rapprochent des résultats théoriques. Les élèves peuvent vérifier la justesse de leurs calculs théoriques en les comparant avec ces résultats.

- Distribuez la fiche reproductible *FR 5.5.1.1*
Expérimentation: La conservation de la quantité de mouvement dans les collisions en deux dimensions – tableaux de résultats aux élèves pour qu'ils y notent leurs résultats.

OBSERVATIONS

- La divergence des résultats sera remarquable. Il se révélera plus simple d'amorcer l'expérience avec deux objets dont les vecteurs vitesse sont perpendiculaires l'un à l'autre. La somme des composantes horizontales et celle des composantes verticales relatives à la quantité de mouvement seront égales à la quantité de mouvement initiale de chaque objet.
- Invitez les élèves à calculer les vitesses et la quantité de mouvement de la rondelle à partir des écarts captés sur la photo. Soulignez que les éclairs du stroboscope sont réglés à 10 Hz (600 tr/min). L'écart entre chaque image est d'un dixième de seconde.
- Rappelez aux élèves de présenter les résultats de la façon la plus claire possible et de les enregistrer pour s'en servir plus tard dans leurs calculs.
- Vous trouverez les solutions complètes dans l'annexe C du manuel.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Pensez aux apprenantes et apprenants auditifs en décrivant clairement les étapes de l'expérience. Montrez le fonctionnement du matériel aux apprenantes et apprenants visuels et kinesthésiques.
- Les apprenantes et apprenants kinesthésiques voudront refaire l'expérience à l'aide d'autres objets, par exemple des boules de billard sur une surface plane, afin d'en comparer les propriétés. La simulation intéressera particulièrement les apprenantes et apprenants visuels. Invitez-les à concevoir des problèmes, à en présenter une simulation à leurs camarades, puis à les résoudre à l'ordinateur, si possible.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Si des élèves en apprentissage du français éprouvent des difficultés à rédiger ou à comprendre une marche à suivre, proposez-leur de la faire au préalable dans leur langue maternelle, puis de la traduire en français. Invitez-les à collaborer avec des élèves en apprentissage avancé du français. Elles et ils pourront obtenir de la rétroaction positive sur leur choix de vocabulaire ou la prononciation des mots.
- Invitez les élèves à revoir les expressions ou les mots de vocabulaire tels que *quantité de mouvement*, *énergie cinétique*, *collision élastique*, *collision inélastique* et *collision non frontale*, avant le début de l'expérience.

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation 1 : Compréhension et connaissance
Résumé de l'évaluation 1 : Compréhension et connaissance

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

FÉ 5 Évaluation du chapitre 5
FR 0.0.10 (titre à venir)
Boîte à outils A6 (titre à venir)
Annexe C du manuel (solutions)

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES**QUESTIONS DE RÉCAPITULATION**

- Invitez les élèves à élaborer un guide d'étude du chapitre portant sur les **concepts clés**. Chaque rubrique, composée de quatre sections, offre des renseignements plus poussés, des exemples pertinents, des diagrammes explicatifs ou des équations courantes.
- Invitez les élèves à revoir les questions de la rubrique **Prépare-toi** et à y répondre en se basant sur qu'elles et ils ont appris dans ce chapitre.
- Les élèves comparent leurs réponses avec celles qu'ils avaient notées au début du chapitre et constatent les différences.
- Posez une ou deux questions qui aideront les élèves à se rappeler chaque concept clé. Demandez-leur d'expliquer et de justifier leurs réponses.
 1. *Quelle est la relation entre la quantité de mouvement et un changement de la quantité de mouvement? (Un changement de la quantité de mouvement est une variation dans la quantité de mouvement.)*
 2. *Quelle est l'action des forces dans la collision de deux objets? (Il y a interaction des forces qui sont égales mais opposées.)*
 3. *Quelle est la différence entre une collision parfaitement élastique et une collision parfaitement inélastique? (Il y a conservation de l'énergie cinétique dans une collision parfaitement élastique, mais pas dans une collision inélastique.)*
 4. *Qu'est-ce qui reste intact dans une collision élastique frontale? (L'énergie cinétique totale et la quantité de mouvement totale.)*
 5. *Décrivez une exploitation technologique associée à la quantité de mouvement et à la conservation de la quantité de mouvement. (Exemple de réponse: Les élèves indiqueront les mannequins de simulation d'impact et leur utilisation dans les tests visant l'amélioration de la sécurité automobile.)*

- Demandez aux élèves de répondre aux questions des rubriques **Autoévaluation** et **Révision** du chapitre 5 de leur manuel. Vous trouverez les solutions complètes dans l'annexe C du manuel.
- Invitez-les à répondre aux questions de la **FÉ 5 Évaluation du chapitre 5** pour leur donner une occasion supplémentaire de réviser la matière.

LES CHOIX DE CARRIÈRE

- Distribuez un exemplaire de la fiche reproductible *FR 0.0.10 (titre à venir)* aux élèves qui y noteront les renseignements qu'elles et ils auront recueillis au cours de leur recherche.
- Des carrières en physique théorique ou appliquée ou encore en ingénierie reposent sur la connaissance de la conservation de la quantité de mouvement et des collisions. La kinésiologie, la technique de sécurité automobile, le génie des véhicules automoteurs, l'ingénierie du sport et l'aéronautique sont quelques exemples de domaines de carrières liés à l'étude de l'énergie.
- Discutez des types de carrières mentionnés dans le manuel de l'élève. Celles concernant la conception automobile et la sécurité automobile exploitent les concepts relatifs à la conservation de la quantité de mouvement et visent l'amélioration des mannequins de simulation d'impact et des dispositifs d'enregistrement des résultats. L'ingénierie du sport s'appuie sur une solide connaissance des effets des collisions élastiques. La technicienne ou le technicien élabore des modèles de collisions et en prévoit les répercussions. Elle ou il peut ensuite concevoir des équipements sportifs plus efficaces qui améliorent le rendement des utilisateurs et leur sécurité.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Refaites les expériences pour les apprenantes et apprenants visuels. Résumez les principales notions pour les apprenantes et apprenants auditifs. Invitez les apprenantes et apprenants kinesthésiques à vous aider dans la réalisation des expériences.
- Pour une meilleure compréhension du vocabulaire, invitez les élèves à demander à leur camarade la définition d'un mot. Elles et ils poursuivent à tour de rôle jusqu'à ce qu'elles et ils puissent définir les mots de vocabulaire sans consulter leur manuel.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Passez en revue le vocabulaire du chapitre et du tableau de vocabulaire. Invitez les élèves à donner des exemples pertinents qui en expliquent la signification.

2

Projet du module

LES ATTENTES: A1; A2; C1; C2

LES CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Application de la méthode scientifique: A1.5; A1.6; A1.10; A1.11

Exploration des choix de carrière: A2.1

Rapprochement entre la culture scientifique et technologique et l'environnement: C1.1; C1.2

Acquisition d'habiletés en résolution de problèmes, en recherche scientifique et en communication: C2.1; C2.3; C2.4; C2.6; C2.7

La liste détaillée des attentes et des contenus d'apprentissage est donnée aux pages 65 à 67.

- Le **projet du module** est la dernière activité qui permet aux élèves de manifester concrètement leur compréhension des concepts. Les élèves ont l'occasion de mettre en application les habiletés acquises dans ce module et de montrer qu'elles et ils sont conscients des répercussions de ces principes scientifiques sur la société et l'environnement.
- Il s'agit ici de mettre en pratique les concepts traités dans le module et de concevoir un protège-œuf qui convertit l'énergie et absorbe la quantité de mouvement, ou d'élaborer une machine à la Rube Goldberg.

LES OUTILS D'ÉVALUATION

Grille d'évaluation du projet du module 2: Les applications de l'énergie et de la quantité de mouvement en conception technique

Résumé de l'évaluation du projet du module 2: Les applications de l'énergie et de la quantité de mouvement en conception technique

Liste de vérification du projet du module 2: Les applications de l'énergie et de la quantité de mouvement en conception technique

LES RESSOURCES LIÉES AU PROGRAMME

FR ÉM2 Évaluation du module 2

LES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

L'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ACQUISES

Assurez-vous que les élèves peuvent:

- concevoir et construire un protège-œuf qui parvient à protéger l'intégrité de la coquille d'un œuf qu'elles et ils laissent tomber d'une hauteur déterminée;

- expliquer chaque élément de leur dispositif au moyen des concepts assimilés dans ce module, notamment la conversion de l'énergie, la conservation de la quantité de mouvement et la force moyenne que subit l'œuf;
ou
- construire une machine à la Rube Goldberg;
- indiquer les différentes zones de conversion de l'énergie dans la machine, ainsi que le travail fait sur l'objet qui la parcourt.

LES CONNAISSANCES ACQUISES EN SCIENCES

- L'objectif du protège-œuf est d'empêcher l'œuf de se briser lorsqu'on le laisse tomber d'une hauteur de 2 m (voir la description de l'expérience dans le **projet du module**). Lors de la chute de l'œuf, l'énergie potentielle gravitationnelle du dispositif se convertit en énergie cinétique. La quantité de mouvement augmente. Son impact au sol produit une collision inélastique frontale. Le plancher absorbe la quantité de mouvement.
- Il est possible de réduire la force moyenne exercée sur l'œuf de deux façons: 1) en ralentissant la chute de l'œuf avant l'impact, donc en diminuant la quantité de mouvement avant l'impact; et 2) en accélérant le temps que met la quantité de mouvement à devenir nulle. L'amalgame des deux atténue considérablement la force exercée sur l'œuf.
- Rube Goldberg était un dessinateur américain connu pour ses illustrations de machines complexes construites pour accomplir des tâches simples de manière compliquée. On les appelle aujourd'hui des machines «à la Rube Goldberg».

LES PISTES PÉDAGOGIQUES

LES MESURES DE SÉCURITÉ

- Les élèves libèrent l'espace réservé à l'essai du protège-œuf.
- Les élèves doivent utiliser seulement le matériel qu'elles et ils manipulent bien. Elles et ils font approuver au préalable leur conception et leur plan d'action par l'enseignante ou l'enseignant. Les élèves doivent demander l'autorisation avant d'utiliser le matériel.
- Les élèves doivent manipuler le matériel avec précaution. Si certains élèves se servent d'outils, toutes et tous les autres doivent porter des lunettes de protection, même s'ils ne touchent à aucun outil.
- Invitez les élèves à mettre à l'essai leur protège-œuf ou leur machine avec un autre objet avant l'évaluation.
- Invitez les élèves à répondre aux questions des rubriques **Analyse et évaluation** et **Approfondis ta démarche** aux pages 270 et 271 de leur manuel.
- Vous trouverez des exemples de solutions dans l'annexe C du manuel.

OBJECTIF

- Les élèves conçoivent un protège-œuf qui convertit l'énergie et absorbe la quantité de mouvement ou une machine à la Rube Goldberg qui accomplit une tâche

simple de manière très compliquée. Elles et ils mettent ainsi en pratique les concepts traités dans ce module.

- Les élèves analysent le mouvement des objets associés au protège-œuf ou à la machine à la Rube Goldberg en fonction des concepts et s'expriment avec la terminologie appropriée.

MATÉRIEL

Option n° 1: Le protège-œuf

Par groupe:

- du papier
- du ruban adhésif
- des fournitures d'emballage
- de la mousse de polystyrène
- des papiers-mouchoirs
- de la ouate

Option n° 2: La machine à la Rube Goldberg

par élève:

- des lunettes de protection

par groupe:

- du bois
- des clous
- du carton
- du plastique recyclé ou des contenants métalliques
- du ruban adhésif
- de la ficelle
- du fil métallique

MARCHE À SUIVRE

Option no 1: Le protège-œuf

- Les élèves dessinent d'abord le plan de leur dispositif à partir du matériel dont elles et ils disposent. Ce plan comprend une courte description des matériaux et de leur fonction protectrice dans chacune des pièces du dispositif. Elles et ils recourent à la terminologie et aux concepts du module.
- Dès que l'enseignante ou l'enseignant approuve leur dessin, les élèves amorcent la construction d'un prototype et le mettent à l'essai. Elles et ils doivent noter dans leur plan les modifications apportées au prototype, ainsi que leur justification. Les élèves précisent également les améliorations prévues. Elles et ils exploitent le vocabulaire du module et les concepts relatifs au module.

Option no 2: La machine à la Rube Goldberg

- Les élèves dessinent d'abord un plan de leur machine et de la simple tâche qu'elle devra accomplir. Elles et ils peuvent également décider de reproduire une des machines de Rube

Goldberg. Il leur faut au préalable effectuer une recherche et trouver ses illustrations originales.

- Leur plan doit aussi indiquer les zones de conversion de l'énergie et de production de travail de la machine. Elles et ils doivent pouvoir y ajouter les arguments justifiant l'écart entre les résultats prévus et les résultats observés.

OBSERVATIONS

Option n° 1: Le protège-œuf

- Les élèves doivent aussi noter leurs observations pendant les essais, notamment sur la chute du dispositif et son impact au sol, ainsi que les améliorations possibles.
- Au moment de l'évaluation, il serait utile de filmer la collision.

Option n° 2: La machine à la Rube Goldberg

- Les élèves notent et analysent le fonctionnement de la machine. Elles et ils expliquent les écarts constatés entre les résultats prévus sur leur plan et les résultats de l'essai.
- Au moment de l'évaluation finale, il serait utile de filmer le fonctionnement complet de la machine.

LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE

- Invitez les élèves à résumer le fonctionnement de leur dispositif ou de leur machine. Les apprenantes et apprenants auditifs choisiront une description verbale de chaque étape. Les apprenantes et apprenants visuels opteront pour la formule de la bande dessinée. Les apprenantes et apprenants kinesthésiques préféreront des modèles représentatifs de chaque étape.
- Les élèves peuvent enregistrer sur vidéo ou bande sonore la démarche de conception et de construction, ou encore réaliser une série d'illustrations.
- Incitez les élèves à offrir une présentation multiforme, par exemple un exposé doublé de matériel visuel, soit un texte et des illustrations ou des diagrammes.
- Les élèves peuvent recourir à un logiciel de simulation pour concevoir leur machine. La simulation doit faire appel à des matériaux réels et respecter les lois de la physique.

LE FRANÇAIS ET LES SCIENCES

- Laissez les élèves mener leur recherche dans leur langue maternelle. Accordez-leur du temps supplémentaire pour la révision de leur travail et la préparation de leur présentation.