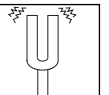


# LES ONDES



## APERÇU DU REGROUPEMENT

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

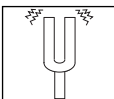
Dans le présent regroupement, l'élève se familiarise avec les propriétés des ondes en étudiant et en observant le comportement d'ondes à une dimension et d'ondes à deux dimensions. L'élève explore aussi la production, la transmission et la réception du son, ainsi que des applications pratiques des ondes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

## CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

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

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

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

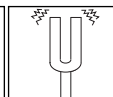


## BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

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

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

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



## RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

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

### [R] indique une ressource recommandée

#### LIVRES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

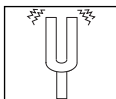
**La physique et ses applications**, de Alan Hirsch et Fernand Houle, Éd. J. Wiley (1991). ISBN 0-471-79524-0. DREF 530 H669p. CMSM 94785.

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

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

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

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



## AUTRES IMPRIMÉS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

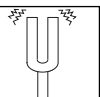
**Science illustrée**, Groupe Bonnier France, Boulogne-Billancourt (France). DREF PÉRIODIQUE. [revue mensuelle; articles bien illustrés et expliqués]

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

## MATÉRIEL DIVERS

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

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



## VIDÉOCASSETTES

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

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

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

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

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

## DISQUES NUMÉRISÉS ET LOGICIELS

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

## SITES WEB

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

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

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

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

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

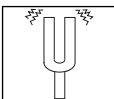
**Échographie et doppler couleur**. <http://www.montchoisi.ch/radiologie/US.html> (juillet 2003).

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

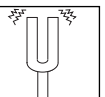
**Le grand dictionnaire terminologique**. [http://www.granddictionnaire.com/\\_fs\\_global\\_01.htm](http://www.granddictionnaire.com/_fs_global_01.htm) (juillet 2003). [dictionnaire anglais-français de terminologie reliée aux sciences et à la technologie; offert par l'Office de la langue française du Québec]

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

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



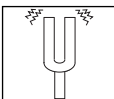
- [R] **Interférences et diffraction.** <http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/enseignement/tp/interferences/interf.html> (juillet 2003). [site de la Faculté des Sciences et des Techniques de Nantes qui présente, dans la section Expériences-découvertes, des vidéo clips de la diffraction d'ondes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



## RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

L'élève sera apte à :

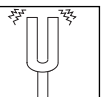
- S3P-1-01 définir l'onde comme un transfert d'énergie, entre autres le milieu, l'onde mécanique, l'impulsion, l'onde périodique;  
RAG : D4, E4
- S3P-1-02 décrire des caractéristiques d'une onde transversale et d'une onde longitudinale, en faire la démonstration et en tracer un diagramme, entre autres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





## RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

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

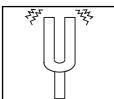


## RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

L'élève sera apte à :

### Nature des sciences

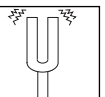
- S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques;  
RAG : A2
- S3P-0-1b décrire l'importance de la revue par des pairs dans l'évaluation et l'acceptation de théories, de données et d'affirmations;  
RAG : A4, B1
- S3P-0-1c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



## RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

### Étude scientifique

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



## RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

### Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

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

RAG : B1, B2

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

RAG : A2, B2

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

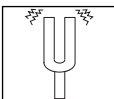
RAG : B3, B5

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

RAG : B5, C4

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

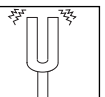
RAG : B4, C4, C6



## RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

### Attitudes

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



## RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX

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

### ***Nature des sciences et de la technologie***

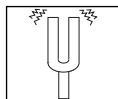
- A1. reconnaître à la fois les capacités et les limites des sciences comme moyen de répondre à des questions sur notre monde et d'expliquer des phénomènes naturels;
- A2. reconnaître que les connaissances scientifiques se fondent sur des données, des modèles et des explications, et évoluent à la lumière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

### ***Sciences, technologie, société et environnement (STSE)***

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

### ***Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques***

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



## RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX (suite)

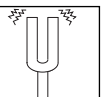
- C5. démontrer de la curiosité, du scepticisme, de la créativité, de l'ouverture d'esprit, de l'exactitude, de la précision, de l'honnêteté et de la persistance, et apprécier l'importance de ces qualités en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques;
- C6. utiliser des habiletés de communication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

**Connaissances scientifiques essentielles**

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

**Concepts unificateurs**

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



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

## **Bloc A** **Introduction aux ondes à une dimension**

L'élève sera apte à :

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

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

#### STRATÉGIE N° 1

##### En tête

###### 1

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

##### En quête

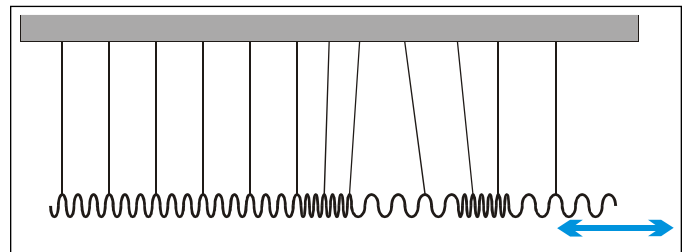
###### 1

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

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

B) Inviter les élèves à explorer les caractéristiques des ondes transversales et longitudinales au moyen de ressorts tels que les Slinky<sup>MC</sup> et les ressorts à boudin.

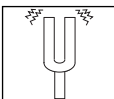
Les élèves peuvent mener ces explorations en petits groupes sur le sol ou sur une table. On peut faciliter l'observation des ondes longitudinales en suspendant le ressort au plafond.



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

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

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





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

RAG : D4, E4

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

## En fin

### 1

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

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

OU

### 2

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

### 1

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

### 2

Inviter les élèves à démontrer leur compréhension des concepts en :

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

### 3

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



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

**Bloc B**  
**L'équation d'onde**

L'élève sera apte à :

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

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

**Stratégies d'enseignement suggérées**

**STRATÉGIE N° 1**

**En tête**

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

**En quête**

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

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

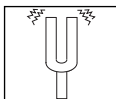
C) Inviter les élèves à résoudre des problèmes mettant en relation la vitesse, la longueur d'onde et la fréquence ou la période (voir l'annexe 2). Le corrigé figure à l'annexe 3.

**En fin**

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

**OU**

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



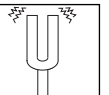
## Stratégies d'évaluation suggérées

❶

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

❷

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



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

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

L'élève sera apte à :

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

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

## Stratégies d'enseignement suggérées

### STRATÉGIE N° 1

#### En tête



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

#### En quête



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

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

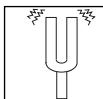
Il est également possible de faire des observations à partir de simulations, par exemple celle d'une corde vibrante sur le site *Web Physique et simulations numériques* de l'Université du Maine.

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

#### En fin



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



## Stratégies d'évaluation suggérées

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



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

## Bloc D La superposition des ondes

L'élève sera apte à :

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

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

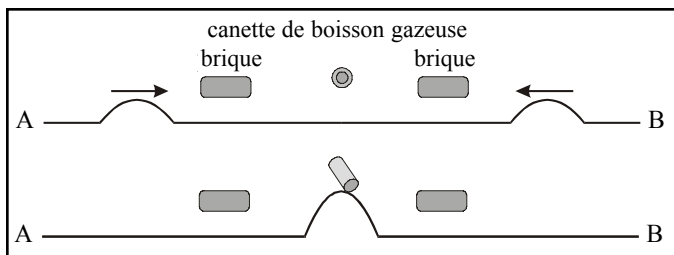
#### STRATÉGIE N° 1

##### En tête

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

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

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



##### En quête

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

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

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

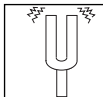
C) Proposer aux élèves de mener une expérience pour étudier les ondes stationnaires :

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

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

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

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

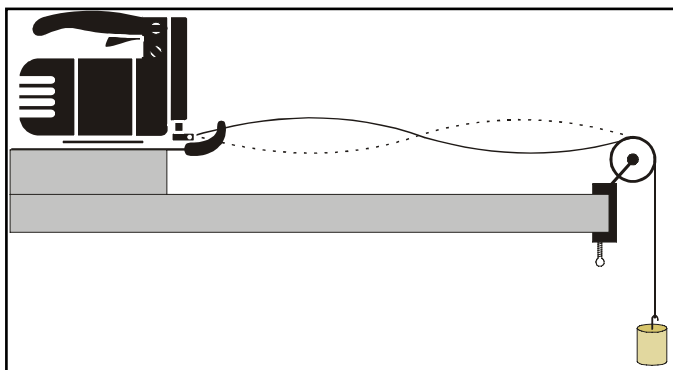


**S3P-0-2f** enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia;  
RAG : C6, C7

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

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

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



## En fin

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

OU

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

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



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

## Bloc E Les technologies de communication

L'élève sera apte à :

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

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

#### STRATÉGIE N° 1

##### En tête



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

##### Exemples de technologies de communication :

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

##### En quête



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

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

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

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

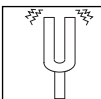
C) Inviter les élèves à faire une exposition de leurs projets dans la classe et à se renseigner au sujet des autres technologies de communication en examinant chaque projet et en répondant aux questions de la feuille de route.

##### En fin



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

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





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

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

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



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

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

L'élève sera apte à :

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

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

#### STRATÉGIE N° 1

##### En tête



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

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

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

##### En quête



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

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

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

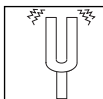
L'emploi des lampes et du rétroprojecteur près des bacs d'eau pose un danger d'électrocution. Il faut toujours se sécher les mains avant de manipuler les appareils électriques. De plus, il ne faut jamais immerger un appareil électrique dans l'eau. Pour de plus amples renseignements quant aux dangers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

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

##### En fin



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



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

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

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

❶

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

❷

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



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

**Bloc G**  
**La réflexion d'ondes**  
**à deux dimensions**

L'élève sera apte à :

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

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

## Stratégies d'enseignement suggérées

### STRATÉGIE N° 1

#### En tête

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

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

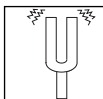
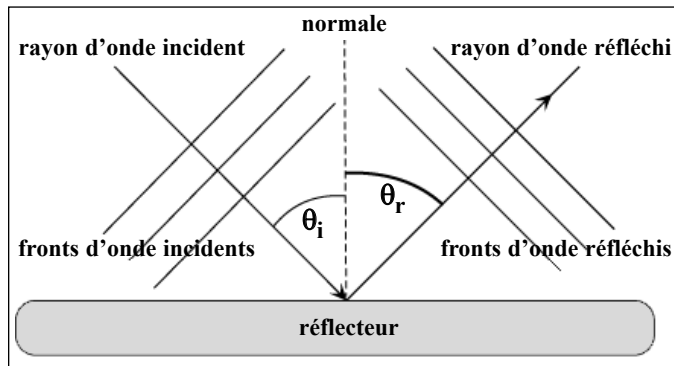
Nous recommandons la première option.

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

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

#### En quête

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



## En fin

❶

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

OU

❷

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

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

❶

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

❷

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

❸

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



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

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

L'élève sera apte à :

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

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

**Stratégies d'enseignement suggérées**

**STRATÉGIE N° 1**

**En tête**

❶

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

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

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

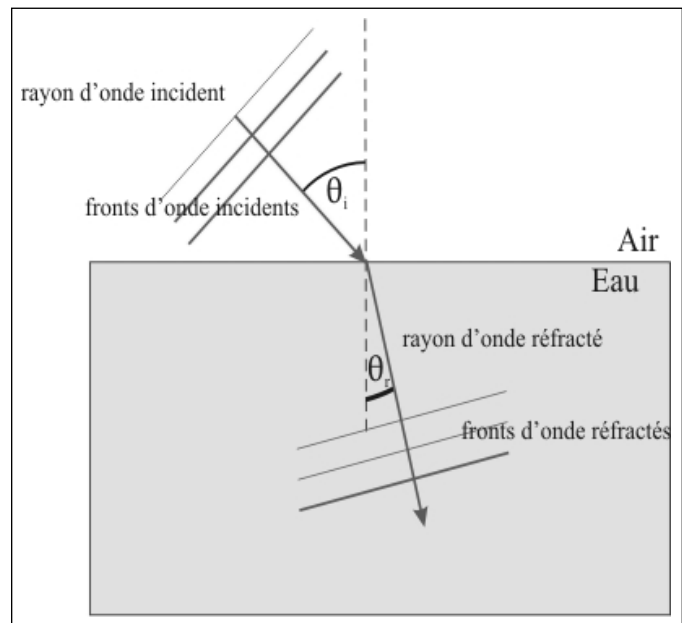
Les élèves ont étudié la réfraction de la lumière en 8<sup>e</sup> année lors de l'étude de l'optique.

**En quête**

❶

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

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



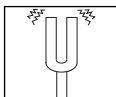
On pourrait aussi opter d'étudier la réfraction de la lumière, par exemple :

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

**En fin**

❶

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



## Stratégies d'évaluation suggérées

❶

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

❷

Évaluer les diagrammes des élèves.

❸

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



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

## **Bloc I** **La loi de Snell**

L'élève sera apte à :

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

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

#### STRATÉGIE N° 1

##### En tête

###### ❶

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

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

##### En quête

###### ❶

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

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

OU

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

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

##### En fin

###### ❶

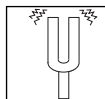
Inviter les élèves à rédiger des problèmes liés à la loi de Snell et à les résoudre en décrivant leur démarche à l'aide de notes explicatives (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 13.14 et 13.15).

OU

###### ❷

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

OU





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

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

③

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

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

①

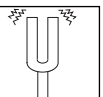
Inviter les élèves à étiqueter les angles d'incidence et de réfraction sur un diagramme de fronts d'onde passant d'un milieu à l'autre et à faire la dérivation de la loi de Snell.

②

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

③

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



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

## **Bloc J** **La diffraction**

L'élève sera apte à :

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

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

#### STRATÉGIE N° 1

##### En tête



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

##### En quête



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

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

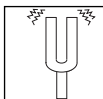
On peut aussi observer des vidéoclips de la diffraction, par exemple dans la section Expériences-découvertes du site *Web Interférences et diffraction*.

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

##### En fin



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



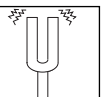
## Stratégies d'évaluation suggérées

❶

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

❷

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



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

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

L'élève sera apte à :

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

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

**Stratégies d'enseignement suggérées**

**STRATÉGIE N° 1**

**En tête**



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

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

**En quête**



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

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

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

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

Le corrigé figure à l'annexe 20.

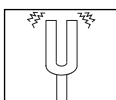
**En fin**



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

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

OU



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

②

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

OU

③

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

①

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

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



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

## **Bloc L** **Introduction au son**

L'élève sera apte à :

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

#### STRATÉGIE N° 1

##### En tête

❶

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

Les élèves ont étudié le son en 4<sup>e</sup> année.

OU

❷

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

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

##### En quête

❸

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

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

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

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

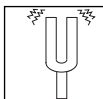
- **Le son consiste en ondes longitudinales**

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

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

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

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



## En fin

❶

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

❶

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

❷

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



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

## **Bloc M**

### **Le processus de prise de décisions**

L'élève sera apte à :

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

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

## Stratégies d'enseignement suggérées

### STRATÉGIE N° 1

#### En tête

#### ❶

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

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

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

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

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

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

#### En quête

#### ❶

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

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

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

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





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

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

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

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

## En fin

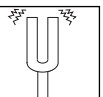
❶ Inviter chacun des groupes à faire une présentation pour communiquer au reste de la classe son enjeu, les démarches suivies pour développer et évaluer des options et l'option sélectionnée. Allouer du temps pour une période de questions.

OU

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

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



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

## Bloc N Le processus de design

L'élève sera apte à :

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

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

## Stratégies d'enseignement suggérées

### STRATÉGIE N° 1

#### En tête

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

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

#### 1

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

#### En quête

#### 1

#### Le défi

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

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

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

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

#### Le choix d'une solution

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

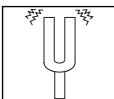
#### Le plan

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

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

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

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



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

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

## La fabrication

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

## La mise à l'essai

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

## L'évaluation de la solution choisie

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

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

## En fin

### 1

Inviter les élèves à réfléchir sur les questions suivantes :

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

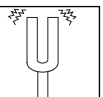
## Stratégies d'évaluation suggérées

### 1

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

### 2

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



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

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

L'élève sera apte à :

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


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

**Stratégies d'enseignement suggérées**

**STRATÉGIE N° 1**

**En tête**

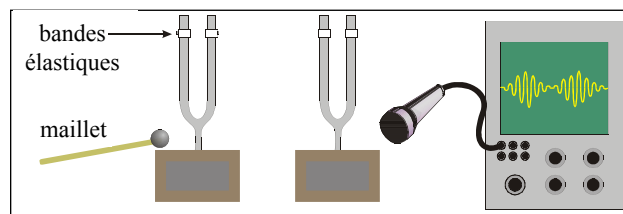
1 Activer les connaissances antérieures des élèves en leur présentant un diagramme du jeu d'interférence produit par deux sources ponctuelles dans l'eau. Inviter les élèves à suggérer, dans leur carnet scientifique, comment ce phénomène pourrait s'appliquer au son.

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

**En quête**

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

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

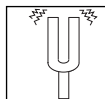


- Placer deux haut-parleurs émettant la même fréquence côte à côte ou utiliser un tube de Herschel (voir *Physique 11*, p. 504, ou *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 340 et 341). Inviter les élèves à noter toute observation dans leur carnet scientifique.

**En fin**

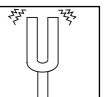
1 Inviter les élèves à mener une réflexion dans leur carnet scientifique :

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



## Stratégies d'évaluation suggérées

- ❶ Ramasser les carnets scientifiques des élèves afin d'évaluer leur habileté à enregistrer, à organiser et à présenter des données.
- ❷ Inviter les élèves à expliquer qualitativement ce qui se produit lorsqu'une onde sonore interagit avec une autre.



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

## Bloc P La résonance

L'élève sera apte à :

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

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

#### STRATÉGIE N° 1

#### En tête

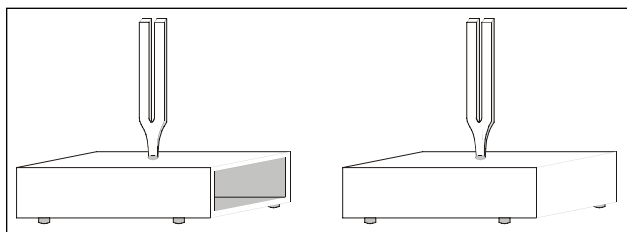
❶

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

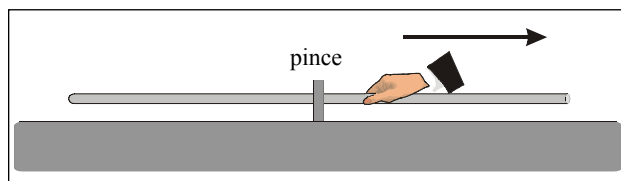
- Suspendre plusieurs pendules d'une même ficelle tendue. Deux d'entre eux devraient être de la même longueur et les autres de longueurs différentes. Mettre en mouvement l'un des pendules identiques et inviter les élèves à prédire ce qui arrivera. (L'autre pendule identique se mettra en mouvement sous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

#### Renseignements pour l'enseignant

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



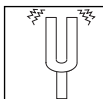
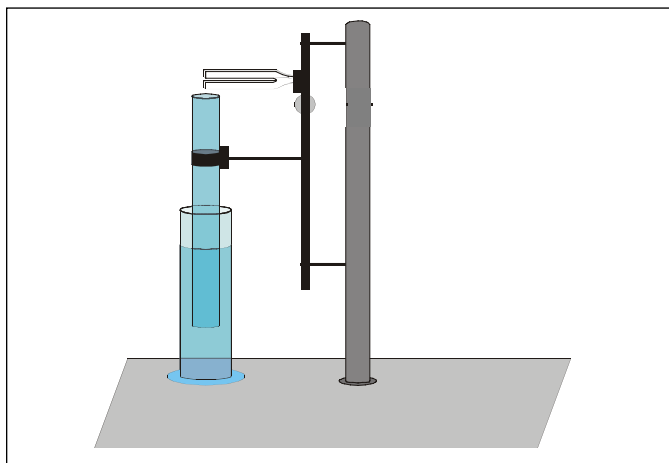
- Chanter une note donnée près d'un piano en pesant sur la pédale de prolongation. La corde correspondant à la fréquence de la note chantée se mettra à vibrer aussi.
- Tenir une tige en aluminium exactement en son milieu. Promener un doigt mouillé le long de la tige pour entendre sa fréquence de résonance.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



#### En quête

❶

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



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

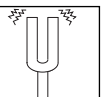
**S3P-0-2f** enregistrer, organiser et présenter des données dans un format approprié, entre autres des diagrammes avec légendes, des tableaux, des graphiques, le multimédia.  
RAG : C6, C7

## En fin

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

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



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

## **Bloc Q** **La vitesse du son**

L'élève sera apte à :

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

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

#### STRATÉGIE N° 1

##### En tête



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

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

##### En quête



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

##### - En se servant d'échos

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

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

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

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

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

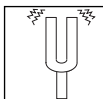
Inviter les élèves à noter leurs observations et leur analyse des données dans leur carnet scientifique. Si le temps le permet, répéter l'expérience à différentes températures pour déterminer l'effet de la température sur la vitesse du son.

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

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

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

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





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

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

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

## En fin

❶

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

OU

❷

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

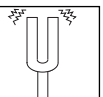
## Stratégies d'évaluation suggérées

❶

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

❷

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



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

## **Bloc R** **L'effet Doppler**

L'élève sera apte à :

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

#### STRATÉGIE N° 1

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

#### En tête

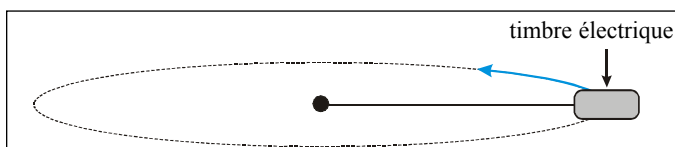
❶

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

#### En quête

❶

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



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

#### En fin

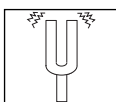
❶

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

OU

❷

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

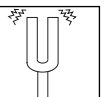


## Stratégies d'évaluation suggérées



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

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



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

## **Bloc S** **L'échelle des décibels**

L'élève sera apte à :

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

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

### Stratégies d'enseignement suggérées

#### STRATÉGIE N° 1

##### En tête



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

##### En quête



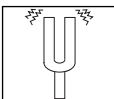
A) Présenter un tableau d'intensité sonore aux élèves (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 321, *La physique et le monde moderne*, p. 276, ou *Physique II*, p. 456) et les inviter à vérifier leurs prédictions.

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

##### En fin



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



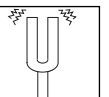
## Stratégies d'évaluation suggérées

❶

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

❷

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



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

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

L'élève sera apte à :

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

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

## Stratégies d'enseignement suggérées

### STRATÉGIE N° 1

#### En tête

❶

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

#### En quête

❶

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

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

OU

❷

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

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

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

#### En fin

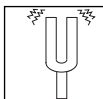
❶

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

#### En plus

❶



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

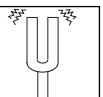


**S3P-0-4b** travailler en coopération pour rassembler des connaissances antérieures, exprimer et échanger des idées, mener une étude scientifique, résoudre des problèmes et examiner des enjeux;  
RAG : C7

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

## Stratégies d'évaluation suggérées

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



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

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

L'élève sera apte à :

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

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

## Stratégies d'enseignement suggérées

### STRATÉGIE N° 1

#### En tête



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

#### En quête

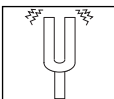


Expliquer les rapports entre la fréquence et la hauteur, l'amplitude et l'intensité, et la forme de l'onde et la qualité (le timbre) du son. Inviter les élèves à compléter un cadre de notes pour approfondir leur compréhension (voir l'annexe 38). Le corrigé figure à l'annexe 39.

#### En fin



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

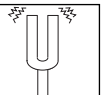




## Stratégies d'évaluation suggérées



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



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

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

L'élève sera apte à :

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

## Stratégies d'enseignement suggérées

### STRATÉGIE N° 1

#### En tête

❶

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

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

#### En quête

❶

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

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

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

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

#### En fin

❶

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

OU

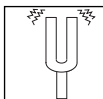
❷

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

OU

❸

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



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

## Stratégies d'évaluation suggérées

❶

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

❷

Inviter les élèves à répondre à la question suivante :

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

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

