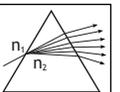


LA NATURE DE LA LUMIÈRE



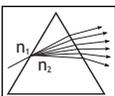
APERÇU DU REGROUPEMENT

Une compréhension de la nature des sciences constitue un des principes de base de l'éducation. Cependant, on l'enseigne rarement de façon explicite. Dans le présent regroupement, l'élève se familiarise avec les caractéristiques des modèles, des lois et des théories dans le contexte du développement historique du modèle de la lumière.

CONSEILS D'ORDRE GÉNÉRAL

Les élèves ont étudié la lumière en 3^e année et l'optique en 8^e année. En secondaire 3, l'accent est mis sur le développement historique des modèles de la lumière. Les cinq premiers résultats d'apprentissage de ce regroupement sont de nature générale et pourraient être étudiés à d'autres moments. Ils sont placés ici pour faire un lien évident entre la nature des sciences et certains moments importants dans l'histoire de la physique. L'accès des élèves à Internet est fortement recommandé afin qu'ils puissent y poursuivre leurs recherches.

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

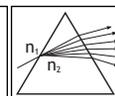


BLOCS D'ENSEIGNEMENT SUGGÉRÉS

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

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

	Titre du bloc	RAS inclus dans le bloc	Durée suggérée
Bloc A	Observations, déductions, modèles et lois	S3P-2-01, S3P-0-1a, S3P-0-1e	100 à 120 min
Bloc B	Expérience sur la relation linéaire	S3P-2-02, S3P-0-2a, S3P-0-2e, S3P-0-2g	120 à 140 min
Bloc C	Le raisonnement scientifique	S3P-2-03, S3P-0-3b, S3P-0-4f	100 à 120 min
Bloc D	La nature des théories scientifiques	S3P-2-04, S3P-2-05, S3P-0-1c, S3P-0-1d	100 à 120 min
Bloc E	Les modèles de la lumière – un aperçu	S3P-2-06, S3P-0-1d	60 à 90 min
Bloc F	Modèle corpusculaire de la lumière	S3P-2-07, S3P-2-08, S3P-0-1a, S3P-0-1d, S3P-0-2g	120 à 140 min
Bloc G	La vitesse de la lumière – un aperçu historique	S3P-2-09, S3P-0-1d, S3P-0-2i, S3P-0-3b, S3P-0-4b	120 à 140 min
Bloc H	Problèmes relatifs au modèle corpusculaire	S3P-2-10, S3P-0-1d	60 à 90 min
Bloc I	Le modèle ondulatoire de la lumière	S3P-2-11, S3P-2-12, S3P-0-1d	120 à 140 min
Bloc J	L'établissement de la lumière comme une onde	S3P-2-13, S3P-2-14, S3P-2-15, S3P-0-1c, S3P-0-1d	120 à 140 min
Bloc K	L'effet photoélectrique	S3P-2-16, S3P-0-1d	60 à 90 min
Bloc L	Le principe de complémentarité	S3P-2-17, S3P-0-1a, S3P-0-1c, S3P-0-1d	60 à 90 min
	<i>Récapitulation et objectivation pour le regroupement en entier</i>		<i>100 à 120 min</i>
	Nombre d'heures suggéré pour ce regroupement		19 à 25 h



RESSOURCES ÉDUCATIVES POUR L'ENSEIGNANT

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

[R] indique une ressource recommandée

LIVRES

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

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

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

[R] **Newton et la mécanique céleste**, de Jean-Pierre Maury, Éd. Gallimard (1990). ISBN 2-07-053116-3. DREF 530.092 N563m. [biographie avec plusieurs extraits de correspondance entre Newton et Hooke]

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

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

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

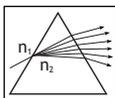
Physique 11 – Manuel de l'élève, de Igor Nowikow et Brian Heimbecker, Éd. de la Chenelière/McGraw-Hill (2002). ISBN 2-89310-872-5. DREF 530 N948p. CMSM 92303.

Physique 12 – Banque de questions informatisées, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1551-4. CMSM 93008.

Physique 12 – Guide du maître, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1548-4. CMSM 93009.

Physique 12 – Manuel de l'élève, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1534-4. CMSM 93010.

Physique 12 – Matériel reproductible, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1549-2. CMSM 93011.



Physique 12 – Solutionnaire, de Alan J. Hirsch et autres, Éd. Beauchemin (2003), ISBN 2-7616-1550-6. CMSM 93012.

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

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

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

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

AUTRES IMPRIMÉS

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

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

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

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

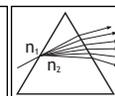
Interface, Association canadienne française pour l'avancement des sciences, Montréal (Québec). [revue bimensuelle de vulgarisation scientifique; recherches canadiennes]

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

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

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

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



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

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

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

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

MATÉRIEL DIVERS

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

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

VIDÉOCASSETTES

[R] **La dualité onde-corpuscule**, Prod. TV Ontario (1984). DREF 43007/V8150. [30 min; traite du modèle corpusculaire de Isaac Newton et du modèle ondulatoire de la lumière]

[R] **La dualité onde-corpuscule**, Prod. TV Ontario (1984). DREF 43006/V8147. [30 min; traite de la notion de quantum et des photons ainsi que de la nécessité d'utiliser une théorie à la fois ondulatoire et corpusculaire pour expliquer le comportement de la lumière]

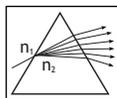
DISQUES NUMÉRISÉS ET LOGICIELS

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

SITES WEB

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

Classification des modèles de la lumière. <http://www.apsq.org/sautquantique/activite/ANN-04.pdf> (juillet 2003). [fiches qui vont avec les activités du site *historique de la lumière*]



Détermination de la vitesse de la lumière. http://visite.artsetmetiers.free.fr/foucault_lumiere.html (juillet 2003).

[R] **Le grand dictionnaire terminologique.** http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motclef/index800_1.asp (juillet 2003). [dictionnaire anglais-français de terminologie liée aux sciences et à la technologie; offert par l'Office de la langue française du Québec]

Historique de la lumière. <http://www.apsq.org/sautquantique/activite/ANN-04.pdf> (juillet 2003). [excellent site qui propose des activités au sujet des modèles de la lumière]

Ils sont fous ces physiciens. http://www.physique.usherb.ca/attracte/12-2001/ils_sont_fous_ces_physiciens.htm (juillet 2003). [article qui traite de la dualité onde-corpuscule de la lumière ainsi que de la théorie quantique]

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

Intersciences. <http://membres.lycos.fr/ajdesor/> (juillet 2003). [excellent répertoire de sites Web portant sur les sciences; un grand nombre de sites en français]

La lumière : dualité onde-corpuscule. http://www.vulgum.org/libre/article.php3?id_article=121 (juillet 2003).

Michelson et la vitesse de la lumière. http://www.vulgum.org/libre/article.php3?id_article=122 (juillet 2003).

Pour la science. <http://www.pourlascience.com/> (juillet 2003). [revue française qui traite des découvertes scientifiques]

Les premières mesures de la vitesse de la lumière. <http://clubastronomie.free.fr/lois/romer.htm> (juillet 2003).

Québec Science. http://www.cybersciences.com/Cyber/0.0/0_0.asp (juillet 2003). [revue canadienne qui traite de découvertes scientifiques]

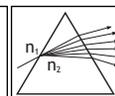
Radio-Canada : Science-technologie. <http://www.radio-canada.ca/sciencetechno/> (juillet 2003). [actualités, reportages]

Réfraction de la lumière. Démonstration. <http://www.ac-nice.fr/physique/refraction/refraction.htm> (juillet 2003).

Le réseau Franco-Science. <http://www.franco-science.org/> (juillet 2003). [répertoire des sciences en français géré par l'Agence Science-Pressé]

Sciences en ligne. <http://www.sciences-en-ligne.com/> (juillet 2003). [excellent magazine en ligne sur les actualités scientifiques; comprend un dictionnaire interactif pour les sciences, à l'intention du grand public]

Sciences et avenir quotidien. <http://quotidien.sciencesetavenir.com/> (juillet 2003). [revue française qui traite des actualités scientifiques]



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES

L'élève sera apte à :

S3P-2-01 faire ressortir, au moyen d'une activité du type « boîte noire », la relation qui existe entre les observations, les déductions, les modèles et les lois;

RAG : A2

S3P-2-02 planifier et mener une expérience pour découvrir une relation linéaire entre deux variables et l'exprimer sous forme de relation mathématique (loi),

entre autres les modes de représentation visuelle, numérique, graphique, et symbolique;

RAG : A2, C2

S3P-2-03 décrire le lien qui existe entre une affirmation, une preuve et le raisonnement à l'appui de la preuve,

entre autres le modèle atomique de la matière, certains slogans publicitaires;

RAG : A1, A2

S3P-2-04 souligner la nature provisoire des théories scientifiques,

entre autres les théories spéculatives et les théories robustes;

RAG : A2

S3P-2-05 décrire les caractéristiques d'une bonne théorie,

entre autres la précision, la simplicité et le pouvoir explicatif;

RAG : A2

S3P-2-06 résumer plusieurs modèles historiques de la nature de la lumière,

entre autres le modèle tactile, émissif, corpusculaire et ondulatoire;

RAG : A2

S3P-2-07 résumer les premières observations à l'appui du modèle corpusculaire de la lumière de Newton, entre autres la propagation, la réflexion, la réfraction et la dispersion;

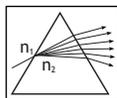
RAG : A2, C2

S3P-2-08 mener une expérience pour démontrer que, d'après le modèle corpusculaire, la lumière se propage plus rapidement dans un milieu plus réfringent que dans un milieu moins réfringent ($v_r > v_i$);

RAG : A2, C2

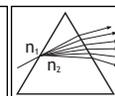
S3P-2-09 résumer la contribution historique de Galilée, de Römer, de Huygens, de Fizeau, de Foucault et de Michelson dans les efforts déployés pour mesurer la vitesse de la lumière;

RAG : A2



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES THÉMATIQUES (suite)

- S3P-2-10 décrire des phénomènes qui sont en contradiction avec le modèle corpusculaire de la lumière, entre autres la diffraction, la réflexion et la réfraction partielles de la lumière;
RAG : A2
- S3P-2-11 souligner les preuves qui appuient le modèle ondulatoire de la lumière, entre autres la propagation, la réflexion, la réfraction, la réflexion et la réfraction partielles, la diffraction et la dispersion;
RAG : A2
- S3P-2-12 comparer les prévisions du modèle ondulatoire avec celles du modèle corpusculaire en ce qui concerne la vitesse de la lumière dans un milieu de réfraction;
RAG : A2
- S3P-2-13 tracer un diagramme de la figure d'interférence obtenue lorsqu'un faisceau de lumière passe à travers une double fente;
RAG : C2
- S3P-2-14 effectuer l'expérience de Young sur la diffraction de la lumière par une double fente pour calculer la longueur d'onde de la lumière,
entre autres $\lambda = \frac{\Delta x d}{L}$;
RAG : C2
- S3P-2-15 décrire la lumière comme étant une onde électromagnétique;
RAG : C2
- S3P-2-16 discuter en termes qualitatifs de l'explication donnée par Einstein de l'effet photoélectrique;
RAG : D4
- S3P-2-17 examiner les modèles ondulatoire et corpusculaire de la lumière en faisant ressortir le point de vue actuel,
entre autres le principe de complémentarité.
RAG : A2, C8

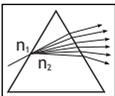


RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX

L'élève sera apte à :

Nature des sciences

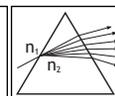
- S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques;
RAG : A2
- S3P-0-1b décrire l'importance de la revue par des pairs dans l'évaluation et l'acceptation de théories, de données et d'affirmations;
RAG : A4, B1
- S3P-0-1c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



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Étude scientifique

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



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

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

RAG : B1, B2

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

RAG : A2, B2

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

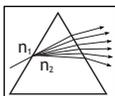
RAG : B3, B5

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

RAG : B5, C4

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

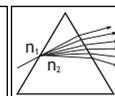
RAG : B4, C4, C6



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE SPÉCIFIQUES TRANSVERSAUX (suite)

Attitudes

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



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX

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

Nature des sciences et de la technologie

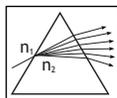
- A1. reconnaître à la fois les capacités et les limites des sciences comme moyen de répondre à des questions sur notre monde et d'expliquer des phénomènes naturels;
- A2. reconnaître que les connaissances scientifiques se fondent sur des données, des modèles et des explications, et évoluent à la lumière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

Sciences, technologie, société et environnement (STSE)

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

Habiletés et attitudes scientifiques et technologiques

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



RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE GÉNÉRAUX (suite)

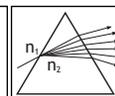
- C5. démontrer de la curiosité, du scepticisme, de la créativité, de l'ouverture d'esprit, de l'exactitude, de la précision, de l'honnêteté et de la persistance, et apprécier l'importance de ces qualités en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques;
- C6. utiliser des habiletés de communication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

Connaissances scientifiques essentielles

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

Concepts unificateurs

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



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

Bloc A **Observations, déductions, modèles et lois**

L'élève sera apte à :

S3P-2-01 faire ressortir, au moyen d'une activité du type « boîte noire », la relation qui existe entre les observations, les déductions, les modèles et les lois;
RAG : A2

S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques;
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à faire une chaîne de graffitis coopératifs (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.16 et 3.17). Les questions suivantes pourraient aider à guider les élèves :

 L'annexe 1 fournit des renseignements au sujet des modèles, des lois et des théories.

- Qu'est-ce qu'un modèle scientifique? Donnez-en des exemples.
- Qu'est-ce qu'une loi scientifique? Donnez-en des exemples.
- Qu'est-ce qu'une théorie scientifique? Donnez-en des exemples.
- Comment peut-on prouver une théorie scientifique?
- Croyez-vous que les atomes existent? Pourquoi?
- Quelles sont les ressemblances et les différences entre les sciences de la nature et les beaux-arts?
- Certains astronomes prétendent que l'Univers est en expansion. D'autres disent qu'il rétrécit. Encore d'autres prétendent qu'il est de grandeur constante. Comment ces scientifiques parviennent-ils à des conclusions différentes à partir des mêmes données expérimentales?
- Les théories scientifiques peuvent-elles changer?

En quête

❶

Présenter aux élèves une boîte noire et les inviter à élaborer un modèle quant à son contenu. Leur demander d'établir la différence entre leurs observations et leurs déductions.  L'annexe 2 fournit des renseignements à cet effet ainsi qu'un exemple bien développé.

En fin

❶

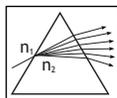
Inviter les élèves à formuler un modèle pour expliquer leurs observations d'un phénomène, par exemple :

- frotter une tige en plastique sur un chiffon et l'approcher d'un mince filet d'eau coulant du robinet (la tige acquiert une charge électrostatique et attire les molécules polaires de l'eau);
- placer de petits morceaux de polystyrène sur une machine de Van de Graaff (le polystyrène acquiert la même charge que celle de la machine de Van de Graaff et les petits morceaux sont repoussés);
- frotter le bord d'un verre à pied d'un doigt mouillé (le frottement entraîne une onde stationnaire dans le verre qui accroît en intensité de sorte à faire vibrer les molécules d'air);
- expliquer le fait qu'un tremblement de terre en Ontario peut faire bouger les verres dans une armoire au Manitoba (l'énergie est transmise d'un endroit à l'autre sous forme d'ondes sismiques).

OU

❷

Inviter les élèves à lire le poème *Les aveugles et l'éléphant* ( voir l'annexe 3) et à faire le lien avec les modèles.



S3P-0-1e établir la différence entre l'explication des phénomènes naturels par les théories scientifiques, et la description des régularités et des constantes de la nature au moyen des lois scientifiques.
RAG : A2, D6

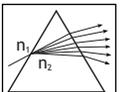
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Inviter les élèves à préparer une boîte noire, à l'échanger avec un partenaire et à noter dans son carnet scientifique les étapes suivies pour arriver à un modèle expliquant l'identité de l'objet.

❷

Inviter les élèves à compléter un cadre de comparaison pour distinguer les termes *loi* et *modèle* ainsi que *observation* et *déduction* (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.24).



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

Bloc B **Expérience sur la relation linéaire**

L'élève sera apte à :

S3P-2-02 planifier et mener une expérience pour découvrir une relation linéaire entre deux variables et l'exprimer sous forme de relation mathématique (loi), entre autres les modes de représentation visuelle, numérique, graphique, et symbolique;
RAG : A2, C2

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

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

1 Inviter les élèves à mener une réflexion sur les régularités numériques observées dans le cours de *Sciences de la nature 20F*, par exemple : $a \propto F$, $a \propto 1/m$, $d \propto v^2$. Expliquer aux élèves la différence entre une relation linéaire et une relation non linéaire. Revoir la notation avec les élèves en précisant que la variable dépendante se trouve toujours à la gauche du symbole de proportionnalité. Inviter les élèves à rédiger sous forme de phrase la signification de chaque expression de proportionnalité.

Revoir au besoin les quatre modes de représentation, les variables indépendante et dépendante, la formulation d'une hypothèse, la préparation d'un tableau de données et d'un graphique ainsi que l'analyse graphique.

En quête

1 Présenter les concepts suivants : *interpolation*, *extrapolation*, *erreur aléatoire*, *erreur systématique* et *pourcentage d'erreur*. Les annexes 4 et 5 présentent des renseignements à cet effet.

Inviter les élèves à planifier et à réaliser une expérience simple qui permettra de déterminer la relation entre deux variables, par exemple :

- le rebondissement d'une balle en fonction de sa hauteur initiale (voir l'annexe 6);
- la circonférence d'un cercle en fonction de son diamètre;

- l'allongement d'un ressort en fonction de la masse suspendue (la loi de Hooke);
- la longueur d'une ombre en fonction de la hauteur d'un objet (voir l'annexe 7).

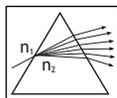
Réviser les étapes de l'étude scientifique à l'aide de l'annexe 8. Indiquer aux élèves qu'ils doivent compléter un rapport d'expérience (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.28, 11.29, 11.38 et 11.39). Laisser les élèves expérimenter la démarche qu'ils ont eux-mêmes proposée, dans la mesure où leur sécurité personnelle n'est pas menacée, afin qu'ils puissent déterminer les modifications nécessaires à apporter à leur plan. Inviter les élèves à noter toute modification apportée à leur plan et à l'accompagner d'une justification. S'assurer que les élèves font ressortir les quatre modes de représentation pendant l'analyse et les amener à comprendre ce que c'est une loi scientifique. Inviter les élèves à appliquer l'interpolation, l'extrapolation, l'erreur aléatoire, l'erreur systématique et le pourcentage d'erreur dans le contexte de leur expérience.

En fin

1 Inviter les élèves à représenter visuellement, numériquement et graphiquement des formules familières telles que $C = 2\pi r$, $V = Bh$ (pour une base constante), $A = 0,5bh$ (pour une base constante), $V = m/\rho$ (où ρ représente la masse volumique).

OU

2 Inviter les élèves à explorer comment des scientifiques emploient les quatre modes de représentation.



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

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

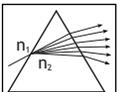
Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Évaluer les rapports d'expérience en se servant d'une grille d'évaluation (voir l'annexe 9). Porter une attention particulière à l'emploi des modes de représentation, aux sources d'erreurs indiquées par les élèves ainsi qu'à l'analyse des relations entre les variables.

❷

Inviter les élèves à analyser des données en se servant des quatre modes de représentation (voir l'annexe 10).



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

Bloc C **Le raisonnement scientifique**

L'élève sera apte à :

S3P-2-03 décrire le lien qui existe entre une affirmation, une preuve et le raisonnement à l'appui de la preuve, entre autres le modèle atomique de la matière, certains slogans publicitaires;
RAG : A1, A2

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

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Inviter les élèves à examiner un exemple d'affirmation tiré de la vie de tous les jours :

Vous discutez des boissons gazeuses avec votre ami quand il fait la déclaration suivante : « Dr Pop est la meilleure boisson gazeuse sur le marché ». Vous n'êtes pas convaincu et lui demandez de justifier son opinion en fournissant des preuves. Pour vous convaincre, il vous présente les preuves suivantes :

- Céline Dion recommande ce produit;
- Selon une étude menée cette année, 3 personnes sur 4 préfèrent Dr Pop;
- Ce produit contient moins de caféine et moins de sucre, par conséquent il est meilleur pour la santé.

Poser les questions suivantes aux élèves :

- *Quelle est l'affirmation qui a été faite? (L'affirmation est : « Dr Pop est la meilleure boisson gazeuse sur le marché. »)*
- *Qui a fait cette affirmation? (Un ami.)*
- *Seriez-vous prêts à accepter cette affirmation d'après les preuves qu'il vous a présentées pour l'appuyer? Pourquoi? (Les réponses peuvent varier.)*

En quête



A) Discuter avec les élèves de la signification des termes *affirmation*, *preuve* et *raisonnement à l'appui de la preuve*.

Une **affirmation** est une déclaration de conviction consistant en une phrase du type « Je sais que... ». Étant donné qu'en science aucune connaissance n'est absolument sûre et immuable, toute affirmation est considérée comme provisoire et peut être remise en question à la lumière de nouvelles données (observations que nous recueillons à l'aide de nos sens). Une affirmation doit donc être soutenue par des **preuves**. Les preuves sont des données qui sont pertinentes à l'affirmation, par exemple des résultats d'expériences ou des statistiques. En science nous utilisons souvent comme preuves les sources d'autorité, c'est-à-dire des gens ou des documents qui appuient l'information. Il n'est pas toujours possible pour les élèves d'obtenir des preuves de façon expérimentale, mais nous devons les encourager à évaluer toute affirmation faite par une source d'autorité.

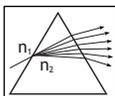
Afin de rendre la preuve plus convaincante ou plus compréhensible, elle doit être renforcée par un raisonnement qui est pertinent pour le récepteur. Cette façon d'étayer les preuves se nomme **raisonnement à l'appui de la preuve**.

B) Inviter les élèves à distinguer la portée de chacune des expressions présentées ci-dessus (affirmation, preuves, raisonnement à l'appui de la preuve) en répondant aux questions suivantes :

- *De quoi est formé un atome? (Répondez à cette question en formulant une affirmation.)*
- *Sur quelles preuves basez-vous votre réponse?*
- *Comment expliqueriez-vous votre modèle de l'atome à un ami?*

La plupart des manuels en sciences de la nature comprennent de nombreuses affirmations sans fournir de preuve pour les soutenir. Le lecteur est censé accepter les connaissances sans les questionner. Cela nuit au développement du scepticisme chez l'élève.

C) Expliquer aux élèves qu'il est important d'évaluer de façon critique toute affirmation qui leur est présentée en se posant des questions telles que :



S3P-0-4f valoriser l'ouverture d'esprit, le scepticisme, l'honnêteté, l'exactitude, la précision et la persévérance en tant qu'états d'esprit scientifiques et technologiques.
RAG : C5

- *Qui présente cette affirmation?*
- *Est-ce que cette personne a assez d'expérience dans le domaine pour présenter une telle affirmation?*
- *Est-ce que les preuves peuvent être vérifiées?*
- *Sont-elles suffisantes pour appuyer l'affirmation?*
- *La personne qui présente l'affirmation en tire-t-elle un quelconque avantage?*

D) Diviser la classe en petits groupes et inviter les élèves à choisir une annonce publicitaire ou un publiereportage qui présente une affirmation. Demander à chaque groupe de relever l'affirmation, les preuves et le raisonnement servant à les appuyer. Inviter les élèves à évaluer de façon critique la publicité à l'aide des questions présentées à l'étape précédente. Discuter ensuite des questions suivantes avec les élèves :

- *De quels genres de preuves auriez-vous besoin pour accepter une affirmation?*
- *Y a-t-il des expériences ou des données qui permettraient de vérifier une affirmation faite dans une annonce publicitaire ou un publiereportage que vous avez étudiés?*

En fin

1
Inviter les élèves à relever des affirmations, des preuves et des raisonnements présentés dans des publicités ou dans des procès juridiques.

OU

2
Discuter des questions suivantes avec les élèves :

- *Pourquoi certaines affirmations sont-elles plus crédibles que d'autres?*
- *Pourquoi certaines personnes énonçant des affirmations ont-elles plus d'autorité que d'autres?*
- *Qu'est-ce qui fait que certaines preuves sont plus crédibles que d'autres?*

Stratégies d'évaluation suggérées

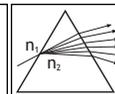
1
Inviter les élèves à inventer des saynètes dans lesquelles le raisonnement scientifique est employé pour questionner une affirmation. Les exemples qui suivent peuvent servir de guide aux élèves :

- *Votre amie vous dit que l'échinacée offre une protection contre le rhume.*
- *Votre père vous assure que le Super Citron nettoie mieux les vêtements que tout autre savon à lessive.*
- *Votre tante déclare qu'une femme enceinte qui porte son bébé très haut va certainement avoir un garçon.*

2
Choisir un paragraphe d'un manuel scientifique au sujet d'un thème bien compris par les élèves. Inviter les élèves à relever une affirmation ainsi que la preuve et le raisonnement qui la soutient, s'il y en a. S'il n'y en a pas, inviter les élèves à fournir une preuve et à élaborer un raisonnement à l'appui de la preuve pour enseigner à un ami le concept *affirmation-preuve-raisonnement*.

3
Inviter les élèves à réfléchir sur les questions ci-dessous dans leur carnet scientifique :

- *Comment l'invention du microscope a-t-elle fait évoluer notre compréhension de la vie?*
- *En quoi le scepticisme est-il essentiel pour l'évolution des connaissances scientifiques?*



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

Bloc D
**La nature des théories
scientifiques**

L'élève sera apte à :

S3P-2-04 souligner la nature provisoire des théories scientifiques, entre autres les théories spéculatives et les théories robustes;
RAG : A2

S3P-2-05 décrire les caractéristiques d'une bonne théorie, entre autres la précision, la simplicité et le pouvoir explicatif;
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à faire une révision de l'évolution des modèles atomiques en complétant la feuille de l'annexe 11 et en vérifiant leur travail au moyen de l'annexe 12. Préciser que ces modèles scientifiques s'inscrivent dans le cadre de la théorie de l'atome et souligner la nature provisoire de celle-ci.

En quête

❶

Présenter les termes *théorie spéculative* et *théorie robuste* ainsi que les critères d'évaluation d'une théorie (voir l'annexe 13). Inviter les élèves à évaluer la théorie actuelle de l'atome au moyen d'un tableau comme le suivant.

Précision	Simplicité	Pouvoir explicatif

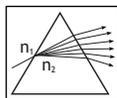
Réponses possibles :

Précision	Simplicité	Pouvoir explicatif
La théorie explique la formation de liaisons chimiques, le comportement des éléments lors des réactions chimiques, les isotopes, le spectre d'émission caractéristique de chaque élément, etc.	Le concept d'énergie est expliqué en fonction de particules telles que les atomes et les molécules.	La théorie dérive des anciens modèles atomiques et est en accord avec les théories couramment acceptées telles que la théorie de la relativité. La théorie permet d'expliquer de nouvelles découvertes telles que les quarks.

En fin

❶

Inviter les élèves à expliquer, dans leur carnet scientifique, l'importance des critères d'évaluation d'une théorie.

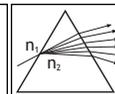


S3P-0-1c rattacher l'historique des idées scientifiques et de la technologie à la forme et à la fonction du savoir scientifique actuel;
RAG : B1

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'évaluation suggérées

- ❶ Inviter les élèves à employer les critères d'évaluation d'une théorie pour évaluer les modèles atomiques de Thomson et de Bohr-Rutherford.
- ❷ Inviter les élèves à établir la différence entre une théorie spéculative et une théorie robuste au moyen d'un cadre de rapports entre concepts (voir *L'enseignement des sciences de la nature*, p. 11.20-11.22 et 11.35).
- ❸ Inviter les élèves à répondre à la question suivante :
 - *Comment l'expérience de Rutherford a-t-elle fait évoluer notre compréhension de la structure de l'atome?*



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

Bloc E
**Les modèles de la
lumière – un aperçu**

L'élève sera apte à :

S3P-2-06 résumer plusieurs modèles historiques de la nature de la lumière, entre autres le modèle tactile, émissif, corpusculaire et ondulatoire;
RAG : A2

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Mener une discussion sur les questions suivantes :

- *Si vous étiez dans une salle complètement noire, verriez-vous quelque chose? Pourquoi ou pourquoi pas?*
- *Quel est le rôle de la lumière dans la vue? (La lumière se réfléchit sur la surface des objets. L'œil perçoit le reflet de la lumière.)*
- *Comment fonctionne une caméra infrarouge? (L'appareil permet de visualiser les objets qui émettent des ondes infrarouges, c'est-à-dire de la chaleur.)*

En quête

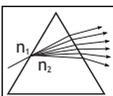
❶

Inviter les élèves à compléter le cadre de notes présenté à l'annexe 14. Le guide pour l'enseignant figure à l'annexe 15.

En fin

❶

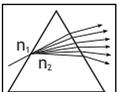
Inviter les élèves à formuler des questions à partir du cadre de notes.



Stratégies d'évaluation suggérées



Inviter les élèves à faire un test construit à partir des questions qu'ils ont composées dans la section « En fin ».



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

Bloc F Le modèle corpusculaire de la lumière

L'élève sera apte à :

S3P-2-07 résumer les premières observations à l'appui du modèle corpusculaire de la lumière de Newton, entre autres la propagation, la réflexion, la réfraction et la dispersion;
RAG : A2, C2

S3P-2-08 mener une expérience pour démontrer que, d'après le modèle corpusculaire, la lumière se propage plus rapidement dans un milieu plus réfringent que dans un milieu moins réfringent ($v_r > v_i$);
RAG : A2, C2

Stratégies d'enseignement suggérées

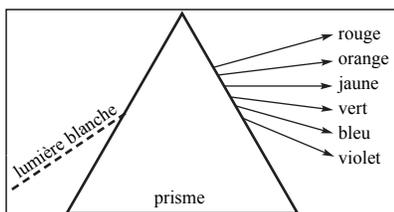
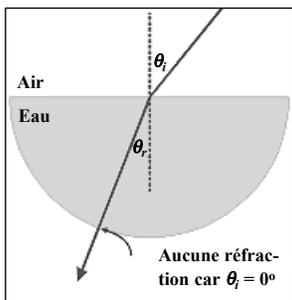
STRATÉGIE N° 1

En tête

1

Inviter les élèves à faire des centres d'expérimentation ou à observer des démonstrations pour étudier :

- la propagation rectiligne, par exemple faire passer un faisceau lumineux à travers un nuage de poussière de craie;
- la réflexion, par exemple mesurer les angles d'incidence et de réflexion en utilisant un miroir (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 387) ou enregistrer à l'aide d'un caméscope une balle de billard qui rebondit sur le rebord d'une table de billard, et mesurer les angles d'incidence et de réflexion;
- la réfraction, par exemple placer une paille dans un verre et l'observer de divers angles ou placer un cent sous un verre d'eau et l'observer de divers angles (la paille semble brisée alors que le cent semble disparaître) ou mesurer la réfraction de la lumière dans l'eau à l'aide d'une boîte à fromage et des épingles ou une boîte à rayons (voir *Physique II*, p. 397);
- la dispersion, par exemple observer le spectre créé par le passage d'un faisceau de lumière à travers un prisme.



En sciences de la nature, on emploie des modèles pour faire des prédictions quant au comportement de phénomènes naturels. Si les prédictions sont exactes, les scientifiques acceptent le modèle comme étant une représentation valable du monde naturel. Si le modèle ne réussit pas à expliquer certains comportements, on le modifie ou bien on le remplace par un nouveau modèle. Lors de l'évolution des connaissances scientifiques, il a souvent existé des modèles contradictoires. Les modèles tentant d'expliquer la nature de la lumière en sont un exemple classique.

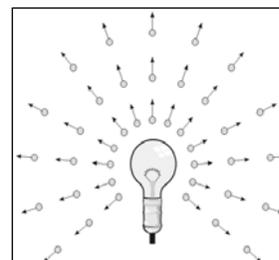
En quête

1

Présenter aux élèves les arguments de Newton en faveur de son modèle corpusculaire de la lumière :

Propagation rectiligne

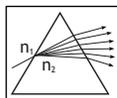
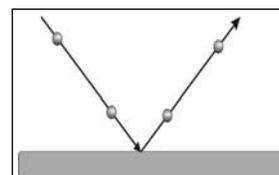
Newton a utilisé l'analogie d'une balle pour expliquer le mouvement rectiligne de la lumière. Quand on lance une balle, elle décrit un trajet parabolique en raison de l'effet de gravité. Comment la lancer pour qu'elle décrive un trajet rectiligne? Il faut la lancer très rapidement. De cette analogie, Newton a raisonné que la lumière est formée de particules qui se déplacent à haute vitesse.



Plus tard, on a observé que la lumière est attirée par les trous noirs dont l'intensité du champ gravitationnel est extrêmement élevée, suggérant ainsi que les particules ont quand même une certaine masse.

Réflexion

Newton a démontré que dans une collision élastique telle que la collision d'une balle de billards contre le rebord de la table, les lois de la réflexion peuvent se déduire des lois du mouvement. (Il serait opportun en ce moment de faire une révision des composantes des vecteurs.)



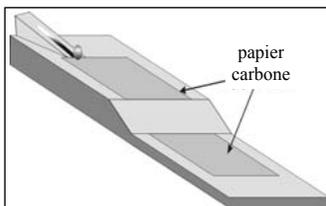
S3P-0-1a expliquer le rôle que jouent les théories, les données et les modèles dans l'élaboration de connaissances scientifiques;
RAG : A2

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées;
RAG : A1, A2

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

Réfraction

Newton a expliqué la réfraction en comparant le mouvement des particules de lumière au mouvement d'une bille qui descend diagonalement deux plans inclinés, le second étant plus incliné que le premier. En passant du premier plan incliné au second, la bille accélère et s'incurve vers la normale (son trajet est moins diagonal). Inviter les élèves à reproduire cette expérience simple (voir l'annexe 16). En se basant sur une expérience semblable, Newton a conclu que les particules de lumière accélèrent en passant de l'air à l'eau. Donc une expérience permettant de mesurer la vitesse de la lumière permettrait d'appuyer ou de réfuter son modèle. Une expérience de ce genre s'appelle une **expérience critique**.



Dispersion

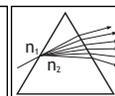
Newton a expliqué la dispersion en supposant que les particules les plus réfractées (les particules violettes) avaient une masse moins élevée que les particules les moins réfractées (les particules rouges). Cette explication est conforme à la loi de la conservation de la quantité de mouvement.

En fin

Inviter les élèves à remplir les cases appropriées d'un tableau récapitulatif pour résumer les arguments en faveur de la théorie corpusculaire de Newton (voir l'annexe 17). Les élèves rempliront les autres cases au fur et à mesure que les concepts seront abordés.

Stratégies d'évaluation suggérées

- 1 Ramasser le rapport d'expérience des élèves afin d'évaluer la capacité à interpréter des régularités et des tendances dans les données.
- 2 Inviter les élèves à rédiger une demande de subvention de la part de Newton sollicitant des fonds pour ses recherches en présentant ses résultats jusqu'à date.



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

Bloc G
**La vitesse de la lumière –
un aperçu historique**

L'élève sera apte à :

S3P-2-09 résumer la contribution historique de Galilée, de Römer, de Huygens, de Fizeau, de Foucault et de Michelson dans les efforts déployés pour mesurer la vitesse de la lumière;
RAG : A2

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées;
RAG : A1, A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶ Inviter les élèves à concevoir une expérience pour déterminer la vitesse de la lumière. *Quels défis faut-il surmonter? Quels équipements seraient nécessaires?*

Le modèle corpusculaire de la lumière prédit que la vitesse de la lumière est moindre dans l'eau que dans l'air. Le modèle ondulatoire de la lumière prédit un comportement opposé. On voit donc la mesure de la vitesse de la lumière comme une expérience critique qui peut réfuter un des modèles.

En quête

❶ Inviter les élèves à mener une recherche pour relever les contributions des scientifiques suivants par rapport à la vitesse de la lumière : Galilée, Römer, Huygens, Fizeau, Foucault et Michelson. Leur fournir un cadre de recherche pour les guider dans leur travail (voir l'annexe 18), par exemple :

Nom : Galilée	Années de naissance et de mort : 1564 – 1642	Nationalité : Italienne
Méthode : Galilée et son aide se sont placés sur des collines distantes d'environ 1 km. Lorsque l'aide voyait la lumière de la lanterne de Galilée, il devait le signaler en allumant sa lanterne.	Observations : Le temps de réaction était trop long.	Inférences : Galilée a conclu que la lumière se déplaçait trop rapidement pour en calculer la vitesse de cette manière.
Valeur : Galilée n'a pas déterminé de valeur.	Calcul du pourcentage d'erreur par rapport à la valeur couramment acceptée : Galilée n'a pas déterminé de valeur.	Fait intéressant : La légende veut que Galilée ait laissé tomber des objets de masse différentes de la tour de Pise. Bien qu'il soit fort possible que Galilée ait entrepris des expériences de ce genre, Simon Stevinus (1548-1620) semble être le premier à l'avoir fait.

OU

❷

Diviser les élèves en groupes d'experts selon la stratégie Jigsaw en assignant à chaque groupe l'un des scientifiques ci-dessus (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 3.21). Après la recherche, placer les élèves en groupes hétérogènes pour partager leurs nouvelles connaissances et se renseigner quant aux autres scientifiques.

En fin

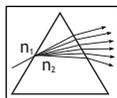
❶

Inviter les élèves à dresser sur une ligne du temps, individuellement ou collectivement, les connaissances liées à la lumière. La ligne du temps pourrait comprendre des images pertinentes et inclure tous les philosophes et scientifiques étudiés depuis le début de l'unité. On peut en ajouter d'autres plus tard dans l'unité.

OU

❷

Inviter les élèves à formuler des questions (ainsi que les réponses) au sujet des contributions des scientifiques par rapport à la vitesse de la lumière.



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

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

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

Stratégies d'évaluation suggérées

❶

Évaluer le projet de recherche en se basant sur une rubrique créée avec les élèves :

- *Quels critères faut-il respecter pour bien réussir ce projet?*
- *Quels éléments le projet devrait-il inclure?*
- *De quelle longueur devrait-il être? De quel format?*

❷

Pour assurer la compréhension de tous les membres du groupe lors du travail de groupes d'experts, inviter chaque expert à poser des questions de révision aux autres membres et, au besoin, à reprendre l'explication.

❸

Inviter les élèves à évaluer les présentations des autres membres de leur groupe hétérogène. Établir les critères d'évaluation auparavant avec les élèves.

❹

Inviter les élèves à compléter une autoévaluation de leur travail de groupe (voir l'annexe 19).

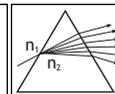
❺

Créer un test à partir des questions élaborées dans la section « En fin ».

❻

Inviter les élèves à répondre à la question suivante :

- *À l'aide d'exemples, décrivez comment le progrès technologique a fini par permettre une mesure exacte de la vitesse de la lumière.*



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

Bloc H
**Problèmes relatifs au
modèle corpusculaire**

L'élève sera apte à :

S3P-2-10 décrire des phénomènes qui sont en contradiction avec le modèle corpusculaire de la lumière, entre autres la diffraction, la réflexion et la réfraction partielles de la lumière;
RAG : A2

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Inviter les élèves à faire des centres d'expérimentation pour étudier :

- la diffraction, par exemple regarder la lumière à travers de la mince fente créée par le rapprochement de deux doigts (on observe des bandes noires parallèles aux doigts – un jeu d'interférence résultant de la diffraction);
- la réflexion et la réfraction partielles, par exemple faire passer un faisceau lumineux provenant d'une boîte à rayons à travers un bloc de lucite hémisphérique en faisant varier l'angle d'incidence et en observant les rayons incident, réfléchi et réfracté (voir *Éléments de physique : cours d'introduction*, p. 436).

En quête



Présenter aux élèves les arguments de Newton pour expliquer les phénomènes de diffraction et de réflexion et réfraction partielles.

La diffraction

Newton a expliqué que la déviation de la lumière résultait d'interactions et de collisions entre les particules de lumière et les bords de la fente. Cette explication est insuffisante car les bandes sombres et claires issues de la diffraction sont trop régulières pour découler de collisions plutôt aléatoires.

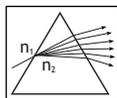
La réflexion et la réfraction partielles

Newton a expliqué cette propriété de la lumière en proposant la théorie des accès selon laquelle les particules de lumière arrivant à la frontière de deux milieux passaient soit par des accès de réflexion facile ou des accès de réfraction facile. Même Newton a avoué que cette explication était insuffisante.

En fin



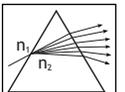
Inviter les élèves à remplir le tableau récapitulatif pour résumer les arguments contre le modèle corpusculaire de Newton (voir l'annexe 17).



Stratégies d'évaluation suggérées



Inviter les élèves à rédiger une lettre de la part du comité de subventions pour rejeter la demande soumise par Newton en expliquant les problèmes relatifs à la recherche.



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

Bloc I
**Le modèle ondulatoire
de la lumière**

L'élève sera apte à :

S3P-2-11 souligner les preuves qui appuient le modèle ondulatoire de la lumière, entre autres la propagation, la réflexion, la réfraction, la réflexion et la réfraction partielles, la diffraction et la dispersion;
RAG : A2

S3P-2-12 comparer les prévisions du modèle ondulatoire avec celles du modèle corpusculaire en ce qui concerne la vitesse de la lumière dans un milieu de réfraction;
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

1 En utilisant un bac à ondes (ou des diagrammes), faire un retour sur les propriétés des ondes, notamment la réflexion, la réfraction, la réflexion et la réfraction partielles et la diffraction. Inviter les élèves à dresser un tableau de comparaison des propriétés des vagues d'eau et de la lumière (voir les annexes 20 et 21).

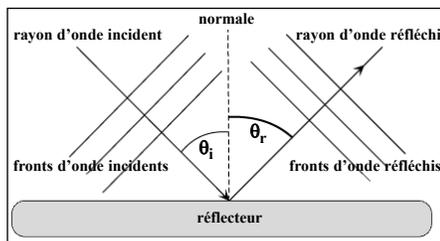
Cette stratégie d'enseignement exige une connaissance préalable des ondes.

En quête

1 Présenter aux élèves les arguments favorisant le modèle ondulatoire de la lumière.

Réflexion

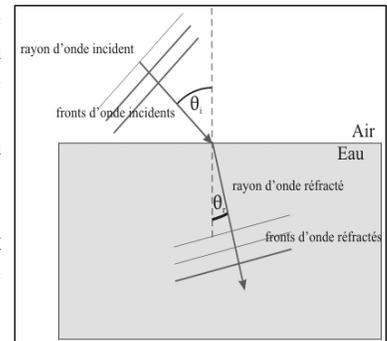
Les ondes et la lumière obéissent aux lois de la réflexion. L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion.



Réfraction

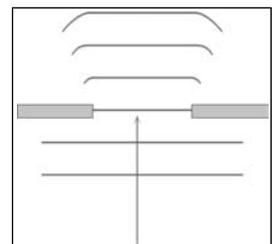
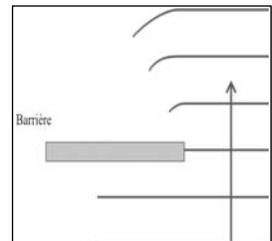
En passant de l'air à l'eau, la lumière dévie vers la normale. Huygens a expliqué cette déviation en proposant que la vitesse diminue en fonction de la densité plus élevée. Cette explication va à l'encontre de celle de Newton.

À l'époque, on ne pouvait déterminer la vitesse de la lumière autre que dans le vide. Cependant, Foucault a fait l'expérience critique, rejetant la prédiction de Newton et favorisant celle de Huygens.



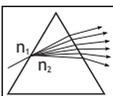
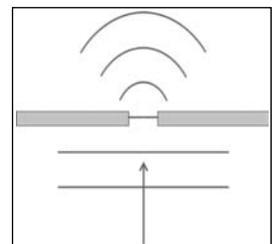
Réflexion et réfraction partielles

Quand on fait varier l'angle d'incidence d'une onde ou d'un rayon lumineux qui passe d'un milieu à un autre, une partie de l'onde ou du rayon est réfléchi et l'autre est réfractée. Dans le cas particulier où l'onde ou le rayon lumineux passe d'un milieu lent à un milieu rapide, il existe un angle critique à partir duquel toute l'onde ou tout le rayon est réfléchi. Ce phénomène s'appelle la réflexion totale interne.



Diffraction

Lorsqu'une onde passe à travers deux fentes minces, une figure d'interférence constructive et destructive se produit. Une figure d'interférence semblable se produit avec la lumière. À l'époque de Newton et de Huygens, on n'avait pas observé cette interférence pour la lumière car on ne réalisait pas combien petite était la longueur d'onde de la lumière.



S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Dispersion

Lorsque la lumière blanche traverse un prisme, on voit un arc-en-ciel de l'autre côté. Les défenseurs de la théorie ondulatoire ont expliqué ce phénomène en proposant que la lumière blanche est formée de plusieurs composantes (couleurs) qui ont des longueurs d'onde différentes. Chaque longueur d'onde se fait réfracter à un angle différent.

En fin

1 Inviter les élèves à rédiger un article que Newton aurait soumis à une revue scientifique vulgarisée (telle que *Science et vie*, *Géo* ou *Discover*) pour expliquer en quoi son modèle est supérieur au modèle ondulatoire en ce qui concerne le comportement de la lumière. Inviter les élèves à rédiger également la réplique que Huygens aurait formulée pour défendre son modèle.

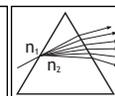
Stratégies d'évaluation suggérées

1 Inviter les élèves à rédiger une série de lettres entre Newton et Huygens dans lesquelles chacun fait valoir son modèle. À titre d'information, le livre *Newton et la mécanique céleste* présente plusieurs extraits de correspondance entre Newton et Hooke (un collaborateur de Huygens).

2 Inviter les élèves à évaluer chaque modèle selon la capacité d'expliquer le comportement de la lumière (voir l'annexe 22). Discuter de l'évaluation des deux modèles de la lumière et amener les élèves à réévaluer les modèles en utilisant les critères d'évaluation d'une théorie.

Puisque le modèle est une partie intégrante d'une théorie, il est possible d'utiliser les critères d'évaluation de théories pour évaluer des modèles.

- Précision : Les deux modèles permettent de prédire plusieurs propriétés de la lumière.
- Simplicité : Le modèle ondulatoire est très simple car il explique les propriétés de la lumière selon des mécanismes déjà connus pour les vagues d'eau et les ondes sonores. Le modèle corpusculaire est moins simple car il est fondé sur les forces gravitationnelles pour expliquer la diffraction et sur la théorie des accès pour expliquer la réflexion et la réfraction partielles.
- Pouvoir explicatif : En prédisant que la lumière accélère en passant de l'air à l'eau, le modèle corpusculaire n'est pas conforme aux observations de la vitesse de la lumière de Foucault, à la différence du modèle ondulatoire.



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

Bloc J **L'établissement de la lumière comme une onde**

L'élève sera apte à :

S3P-2-13 tracer un diagramme de la figure d'interférence obtenue lorsqu'un faisceau de lumière passe à travers une double fente;
RAG : C2

S3P-2-14 effectuer l'expérience de Young sur la diffraction de la lumière par une double fente pour calculer la longueur d'onde de la lumière,
entre autres $\lambda = \frac{\Delta xd}{L}$;
RAG : C2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête



Réviser l'analyse mathématique de l'interférence de deux sources ponctuelles abordée lors de l'étude des ondes (voir *Regroupement 1 : Les ondes*, Bloc L – Interférence des ondes à deux dimensions).

En quête



Présenter l'expérience de Young et dériver l'équation mettant en relation la longueur d'onde et l'existence de lignes nodales (voir *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 524-531, ou *Physique 12*, p. 484-485). Amener les élèves à associer les variables de l'équation aux éléments de l'expérience.

Inviter les élèves à effectuer l'expérience de Young pour déterminer la longueur d'onde de la lumière transmise en différentes couleurs (voir *Physique 12*, p. 484-485, ou *Principes fondamentaux de la physique : un cours avancé*, p. 561-563).

Expliquer en quoi l'expérience de Young constitue une expérience critique en faveur du modèle ondulatoire de la lumière. Présenter la contribution de Maxwell (voir l'encadré).

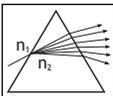
Même si l'expérience de Young a plus ou moins établi que la lumière consistait en ondes, on ignorait encore leur composition exacte jusqu'à ce que **James Clerk Maxwell** (écossais, 1831-1879) propose la théorie électromagnétique de la lumière en 1864. Selon cette théorie, la lumière est une onde transversale engendrée par l'interaction de deux champs perpendiculaires, l'un électrique, l'autre magnétique.

En fin



Inviter les élèves à réfléchir sur les connaissances scientifiques qui évoluent à la lumière de nouvelles données.

- *Comment l'expérience de Young a-t-elle permis l'avancement des connaissances scientifiques au sujet de la nature de la lumière?*
- *Pouvez-vous donner d'autres exemples de connaissances scientifiques qui ont évolué à la lumière de nouvelles données?*



S3P-2-15 décrire la lumière comme étant une onde électromagnétique;
RAG : C2

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

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'évaluation suggérées

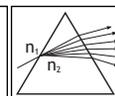
❶

Inviter les élèves à réexaminer le tableau d'évaluation effectué lors du dernier bloc d'enseignement et à l'ajuster en fonction de leurs nouvelles connaissances (voir l'annexe 22).

❷

Inviter les élèves à mener une réflexion sur l'expérience de Young dans leur carnet scientifique :

- Pourquoi y a-t-il des bandes sombres? (Elles résultent de l'interférence destructive.)
- Pourquoi y a-t-il des bandes claires? (Elles résultent de l'interférence constructive.)
- Est-ce que la distance entre les lignes nodales serait plus grande pour la lumière rouge ($\lambda = 680 \text{ nm}$) ou la lumière bleue ($\lambda = 400 \text{ nm}$)? Pourquoi? (La distance entre les lignes nodales serait plus grande pour la lumière rouge car $\Delta x \propto \lambda$.)
- Qu'arriverait-il à la distance entre les lignes nodales si l'on doublait la distance entre les fentes? (Δx diminuerait de moitié car $\Delta x \propto \frac{1}{d}$.)
- Qu'arriverait-il à la distance entre les lignes nodales si l'on doublait la longueur entre les fentes et l'écran? (Δx doublerait aussi car $\Delta x \propto L$.)
- Qu'arriverait-il à la distance entre les lignes nodales si l'on se servait d'une source lumineuse plus intense? (Il n'y aurait aucun effet sur Δx . Cependant, les zones claires seraient plus évidentes.)



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

Bloc K **L'effet photoélectrique**

L'élève sera apte à :

S3P-2-16 discuter en termes qualitatifs de l'explication donnée par Einstein de l'effet photoélectrique;
RAG : D4

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Revoir le fonctionnement de l'électroscope à feuilles avec les élèves. Ce concept a été abordé en secondaire 1.

Les élèves ont étudié l'énergie cinétique, la quantité de mouvement et la loi de la conservation de l'énergie en secondaire 2.

En quête

❶

Présenter l'effet photoélectrique au moyen d'une vidéocassette (par exemple *La dualité onde-corpuscule* de TVOntario), d'un transparent ou d'une démonstration (voir l'annexe 23). Inviter les élèves à soulever des hypothèses pour expliquer le phénomène.

Des renseignements pour l'enseignant sont présentés à l'annexe 23.

Discuter de la faiblesse du modèle ondulatoire quant à l'effet photoélectrique et de la force relative du modèle corpusculaire.

En fin

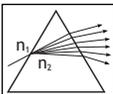
❶

Inviter les élèves à évaluer la capacité des deux modèles à expliquer l'effet photoélectrique en remplissant un tableau d'évaluation (voir l'annexe 22).

OU

❷

Inviter les élèves à construire un tableau des preuves ou une ligne de temps pour chaque modèle.



Stratégies d'évaluation suggérées

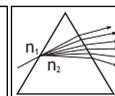
❶

Inviter les élèves à tracer un diagramme de Venn qui illustre les propriétés de la lumière qui sont bien expliquées par l'un ou l'autre des modèles ou par les deux.

❷

Inviter les élèves à analyser des phrases décrivant l'effet photoélectrique (voir l'annexe 24). Voici des réponses possibles :

1. Vrai, parce que la libération d'électrons résulte de collisions de particules, soit les photons et les électrons.
2. Faux. Un photon est un paquet d'énergie.
3. Vrai, parce que $E \propto f$.
4. Faux. Une partie de l'énergie est requise pour libérer les électrons.
5. Faux. Il faut une source lumineuse ayant une certaine fréquence minimale.
6. Faux. Il faut avoir une source lumineuse ayant une certaine fréquence minimale.
7. Vrai. Selon le modèle ondulatoire, tous les électrons seraient libérés en même temps car ils absorberaient l'énergie graduellement.



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

Bloc L
**Le principe de
complémentarité**

L'élève sera apte à :

S3P-2-17 examiner les modèles
ondulatoire et
corpusculaire de la
lumière en faisant ressortir
le point de vue actuel,
entre autres le principe de
complémentarité;
RAG : A2, C8

S3P-0-1a expliquer le rôle que
jouent les théories, les
données et les modèles
dans l'élaboration de
connaissances
scientifiques;
RAG : A2

Stratégies d'enseignement suggérées

STRATÉGIE N° 1

En tête

❶

Inviter les élèves à réviser les expériences critiques identifiées dans ce regroupement (Blocs G, J et K). Poser la question suivante :

- *Peut-il y avoir une expérience critique qui élimine complètement une théorie et en prouve une autre?* (À partir des contradictions observées, les élèves devraient arriver à la conclusion qu'une expérience critique n'existe pas.)

 L'annexe 25 présente des renseignements pour l'enseignant à ce sujet.

En quête

❶

Inviter les élèves à revoir  l'annexe 22 et à déterminer dans quelles situations la lumière agit comme une onde et dans quelles situations elle agit comme une particule.

En fin

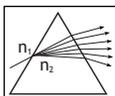
❶

Inviter les élèves à compléter un mot mystère pour revoir le vocabulaire lié à la nature des sciences et aux modèles d'explication de la lumière ( voir l'annexe 26). Le corrigé figure à  l'annexe 27.

OU

❷

Inviter les élèves à dresser des organigrammes ou des cartes conceptuelles pour consolider leur compréhension du vocabulaire lié à la nature des sciences et aux modèles d'explication de la lumière.  L'annexe 17 présente une liste non exhaustive des termes à l'étude.



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

S3P-0-1d décrire comment des connaissances scientifiques évoluent à la lumière de nouvelles données et à mesure que de nouvelles idées et de nouvelles interprétations sont avancées.
RAG : A1, A2

Stratégies d'évaluation suggérées



Inviter les élèves à faire un sommaire de la nature de la lumière en rédigeant un livre pour enfants, un conte, une affiche ou un article de revue. Le sommaire devrait décrire les situations dans lesquelles la lumière agit comme une onde et les situations dans lesquelles elle agit comme une particule. Le sommaire devrait également faire mention du principe de complémentarité.

