Table des matières

Introduction

L'ouvrage et la progression des apprentissages en science et technologie

1. Comprendre les forces et le mouvement
11 expériences

2. Comprendre la température et la chaleur
8 expériences

3. Comprendre le transport de la chaleur
7 expériences

4. Comprendre l'électricité statique et le magnétisme
5 expériences

5. Comprendre le courant électrique
9 expériences

6. Comprendre la pression
8 expériences

7. Comprendre le travail et l'énergie
4 expériences

8. Comprendre la lumière
13 expériences

9. Comprendre le son
5 expériences

10. Comprendre la flottabilité
10 expériences

11. Comprendre les solutions
6 expériences

12. Comprendre les changements chimiques 203
4 expériences

13. Comprendre le monde vivant 213
6 expériences

14. Comprendre le développement des plantes 227
7 expériences

15. Comprendre les interactions dans l'environnement 243
2 expériences

Introduction

Comment utiliser les expériences de cet ouvrage

Les expériences décrites dans cet ouvrage permettent aux enseignants d'améliorer la compréhension qu'ont leurs élèves de plusieurs idées scientifiques importantes. Elles s'avèrent un outil important qui devrait occuper une place de choix dans le répertoire de tous les enseignants de sciences. Elles peuvent dynamiser les activités d'enrichissement offertes à vos élèves et fournir une base solide sur laquelle asseoir la compréhension de la matière. Les expériences reposent sur des fondements scientifiques sérieux et des recherches rigoureuses.

Les enfants vivent dans un monde d'impressions sensorielles. Ils voient, écoutent, sentent, touchent et goûtent. Dès la petite enfance, ils commencent à appréhender spontanément l'environnement dans lequel ils évoluent. Ils définissent des concepts et tentent d'établir des liens entre une notion et une autre afin d'expliquer le monde qui les entoure. C'est ainsi qu'ils peuvent en venir à croire que la matière disparaît lorsque des substances sont dissoutes ou brûlées, que les plantes absorbent leur nourriture par les racines, que les objets lourds (comme les roches ou les clous) coulent dans l'eau ou que les objets lourds tombent plus rapidement que les objets plus légers. Ils considèrent que de telles idées sont utiles dans leur vie quotidienne. Le fait que les enfants (ou quiconque, en réalité) puissent acquérir une telle compréhension du monde est fondamental à la vision constructiviste de l'apprentissage.

Les scientifiques essaient eux aussi de comprendre le monde naturel des perceptions sensorielles. Il s'agit de leur mission collective, qu'ils accomplissent aussi délibérément que patiemment. Ils contribuent à définir les limites de notre monde sensoriel en utilisant des instruments pour mesurer le poids, la longueur et le temps avec plus de précision. Ils peuvent utiliser des instruments aussi bien pour mesurer l'immensément grand ou l'infiniment petit, le chaud comme le froid, les sons doux et les sons forts... et ainsi de suite jusqu'à ce que notre sensibilité soit plus développée. Pour repousser les limites du monde naturel, ils mènent des expériences leur permettant d'observer des phénomènes qui ne se produisent pas naturellement. Ils formulent des concepts comme ceux qui s'appliquent à la densité et à la force gravitationnelle. Ils parviennent aussi à faire des généralisations puissantes, comme celle selon laquelle les objets flottent lorsque leur densité est plus faible que celle du liquide dans lequel ils sont plongés, ou encore celle selon laquelle l'accélération de tous les objets qui tombent est la même lorsqu'ils sont sous vide.

Il y a deux façons d'interpréter le monde dans lequel nous vivons : les interprétations empiriques, qui font appel au bon sens, et les interprétations de la communauté scientifique. Une partie du travail des enseignants en sciences consiste à aider chaque élève à internaliser et à adopter les interprétations scientifiques en utilisant leurs observations et leurs propres déductions comme point de départ. Il peut s'agir d'une tâche particulièrement difficile par moments, surtout lorsque les interprétations scientifiques vont à l'encontre des idées reçues. Par exemple, certains élèves croient que l'électricité s'épuise

lorsqu'elle passe continuellement dans un circuit, ou encore que le vide aspire. Ces idées ont toujours été justes pour les élèves qui les tenaient pour vraies, alors pourquoi devraient-ils changer d'avis maintenant?

Comment l'enseignant de sciences peut-il relever ce défi? Une variété de stratégies pédagogiques ont été conçues pour refléter la vision constructiviste de l'apprentissage. Comme vous vous en doutez sûrement, elles ont plusieurs caractéristiques en commun. Les expériences que nous avons mises au point englobent bon nombre de ces caractéristiques qui sont incluses dans les suggestions d'utilisation des expériences qui suivent. Il peut être utile de vous référer à une ou deux expériences lorsque vous lirez les différentes étapes de la marche à suivre.

Première étape: L'orientation et la motivation

Avant de réaliser une expérience, l'enseignant cherche généralement à attirer l'attention des élèves en faisant référence à leurs acquis ou à leur compréhension actuelle d'un concept. Il leur pose ensuite une question stimulante à laquelle il est possible de répondre en faisant l'expérience proposée. Une brève discussion en classe donne l'occasion aux élèves de partager leurs hypothèses et leurs connaissances sur le sujet.

Deuxième étape: La présentation de l'expérience

Présentez l'expérience. Vous pouvez la rendre plus significative aux yeux de vos élèves en établissant des liens avec la discussion précédente.

Troisième étape: La prédiction

Avant de réaliser l'expérience, demandez aux élèves d'écrire leurs prédictions dans leur cahier d'exercices, de même que les raisons qui les justifient. Cette étape est utile pour les élèves comme pour vous. En justifiant leurs prédictions de façon explicite, les élèves comprennent mieux leur propre raisonnement. Cette étape vous donne aussi un aperçu des idées reçues des élèves, ce qui vous permet d'adapter votre planification pour la suite des choses. Lorsque les élèves écrivent leurs prédictions, vous pouvez circuler dans la classe afin de vous préparer à la discussion qui suivra.

Quatrième étape: La discussion au sujet des prédictions

Cette étape se déroule en deux temps. D'abord, demandez aux élèves de partager leurs prédictions dans une discussion en grand groupe. Notez les suggestions des élèves au tableau et les raisons qui les soutiennent. Il est important de faire preuve de tact, puisque certains élèves peuvent être anxieux et craindre de faire des prédictions «incorrectes». Vous devez donc soutenir leur participation en encourageant autant d'élèves que possible à exprimer leur point de vue. Il n'y a pas de mauvaise idée! Toutes les idées ont une valeur parce qu'elles représentent les meilleurs efforts faits par les élèves pour comprendre le monde qui les entoure. Expliquez aux élèves que la justification de leurs prédictions les aidera à apprendre.

Une fois cette tâche terminée, invitez la classe à discuter des différentes prédictions soumises. Expliquez pourquoi certaines prédictions semblent meilleures

que d'autres. Certains élèves peuvent changer d'avis et modifier leur réflexion en révisant les raisons qui les ont menés à faire leurs prédictions. Il est souvent amusant et éclairant de faire un sondage auprès des élèves juste avant l'expérience pour leur demander d'en prévoir le résultat.

Cinquième étape : L'observation

La plupart des expériences de cet ouvrage ont été conçues pour être présentées sous la forme de démonstrations, bien que certaines se prêtent bien à une exploration effectuée par les élèves. Si vous réalisez l'expérience, invitez les élèves à vous aider dans la mesure du possible. Demandez-leur aussi de noter leurs observations.

Sixième étape : Les explications formulées par les élèves

Les élèves reformulent souvent leurs idées lorsqu'ils les partagent à l'oral ou à l'écrit. Nous avons souvent constaté qu'ils bénéficient des occasions qui leur sont offertes de discuter des explications formulées à la suite de leurs observations (avec un pair ou en petits groupes) avant de les écrire sur papier. Les élèves semblent trouver un certain réconfort dans ces moments de partage. Vous pouvez ensuite solliciter la participation de quelques élèves pour lancer une discussion en grand groupe sur les explications fournies.

Septième étape : L'explication scientifique

Présentez l'explication scientifique en disant : « Voici ce que les scientifiques pensent actuellement », plutôt que de dire : « Voici la bonne explication. » Plusieurs enseignants demandent à leurs élèves de retranscrire cette explication dans leur cahier d'exercices ou au dos de leur fiche d'activité. Vous pouvez ensuite inviter les élèves à comparer leurs explications avec celles des scientifiques pour relever les points communs et les différences entre les deux (ce qui leur donne une occasion supplémentaire de reconstruire leurs idées).

Huitième étape : Le suivi de l'expérience

Les recherches ont démontré que les idées des élèves sont souvent résistantes au changement et qu'il n'y a aucune garantie que des expériences suffisent à les modifier durablement, même si elles représentent un bon point de départ. Les tests que nous avons menés sur le terrain ont corroboré cette observation, lorsqu'on a comparé les explications données par les élèves avant et après une expérience. C'est pourquoi nous avons ajouté une activité de suivi après certaines expériences. Celles-ci ont souvent pour objectif d'aider les élèves à réfléchir à nouveau aux idées scientifiques qu'ils viennent d'explorer (ou de les mettre en pratique). Ils peuvent alors commencer à apprécier à quel point ces idées sont utiles pour expliquer certains phénomènes naturels.

■■■

Un aussi grand nombre d'étapes pourrait donner l'impression que les expériences présentées sont complexes et difficiles à gérer. Or, il n'en est rien. Les éléments pédagogiques sous-jacents correspondent aux approches prônées par la plupart des enseignants, et après quelques essais, vous remarquerez

probablement que ces processus seront devenus aussi routiniers pour vous que pour vos élèves. Cette façon de procéder est libératrice et vous permet de mieux répondre aux besoins des élèves et de concentrer vos efforts sur la facilitation de leur apprentissage. Par ailleurs, plusieurs enseignants ont remarqué qu'ils pouvaient effectuer les sept premières étapes dans une période de 40 minutes. Ils prenaient parfois une pause après la cinquième étape (l'observation) en demandant aux élèves de réaliser l'étape suivante sous forme de devoir.

Une des principales qualités des expériences suivant la démarche scientifique en trois temps « Prédire, observer et expliquer » (POE) est que vous avez une meilleure idée du processus réflectif de vos élèves. Les quatre premières étapes lèvent le voile sur les idées initiales des élèves. Les sixième et septième étapes vous permettent d'assurer le suivi des efforts de vos élèves alors qu'ils adaptent leur réflexion au sujet de l'expérience. Finalement, la huitième étape vous donne l'occasion d'obtenir une rétroaction importante et indicative de la progression de vos élèves. Ainsi, vous obtenez des « réponses authentiques » de la part de vos élèves, en autant que le jugement et l'évaluation n'influent pas sur le processus. Il est important, dans cette optique, d'encourager les élèves à partager leurs idées (qui, pour le moment, peuvent ne pas correspondre aux faits scientifiques) en valorisant chacune de leurs réponses. En agissant de la sorte, vous avez la possibilité de corriger le rythme de votre enseignement et de planifier les expériences suivantes plus efficacement.

La structure de l'ouvrage

Les notes de l'enseignant

Pour chaque expérience, on indique le thème ainsi que le ou les concepts touchés. On énumère ensuite le matériel nécessaire. Puis, on consacre une section aux explications scientifiques, et une autre aux explications des élèves.

Deux tableaux de correspondance entre les expériences et la *Progression des apprentissages en science et technologie* du Québec sont fournis sur le site Web http://predire-observer-expliquer.cheneliere.ca. Voir aussi la section « L'ouvrage et la progression des apprentissages en science et technologie », page 8.

Le matériel

Les enseignants éprouvent souvent de la difficulté à acquérir et à ranger le matériel scientifique en classe. C'est dans cette optique que nous avons cherché à maintenir des exigences simples pour nos expériences, en essayant autant que possible d'utiliser des objets du quotidien. Voici des idées qui peuvent aider les enseignants à résoudre ce problème.

- Organisez une rencontre préparatoire avec les parents, au cours de laquelle vous leur présentez quelques expériences et la démarche scientifique POE. Nous sommes convaincus qu'ils seront heureux de participer à la simulation d'une ou deux expériences. À la fin de votre présentation, sollicitez leur aide pour l'acquisition du matériel nécessaire au cours de l'année scolaire. Les parents peuvent choisir différents articles sur la liste du matériel requis pour les expériences qui seront présentées à leurs enfants.
- Rappelez-vous que différents contenants usuels, par exemple les boîtes à chaussures, sont très utiles pour ranger les objets requis pour la plupart des expériences. Ces contenants peuvent être étiquetés et placés sur des étagères, où ils seront prêts à être utilisés à tout moment.

Les explications scientifiques

Nous avons cherché à exprimer ces explications de façon claire et compréhensible pour les élèves, de manière à ce que vous puissiez aisément les utiliser à la septième étape du processus.

Les explications des élèves : les prédictions

Il sera probablement avisé de lire cette section avant de commencer l'expérience puisqu'elle peut vous aider à anticiper les réactions de vos élèves. Bien que chaque classe soit unique, il est possible que vos élèves expriment des idées similaires à celles qu'on a découvertes lors des prédictions. Selon la manière dont celles-ci se sont déroulées, il n'a pas été possible de fournir les explications des élèves pour chacune des expériences. Dans ces cas, nous espérons que vous prendrez le temps d'analyser certaines des réponses de vos propres élèves.

Les explications des élèves : les résultats des recherches

Les résultats des recherches vous permettent d'appréhender les réponses que peuvent donner vos élèves. Il peut être intéressant de les vérifier avant et après avoir mené à bien les expériences. Ce faisant, vous êtes en mesure de comparer votre expérience personnelle avec les connaissances recueillies sur l'enseignement, ce qui est une source d'enrichissement sur le plan professionnel.

Dans la plupart des cas, nous nous attendons à ce que la lecture de ces résumés soit suffisante. Cependant, quelques enseignants peuvent vouloir explorer certains sujets de façon plus approfondie. Comme nous l'avons mentionné précédemment, ces sujets ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche, et des centaines de recherches ont mis l'accent sur les idées des élèves. De nos jours, les recherches scientifiques sont plus accessibles que jamais, ce qui a fort heureusement mis à mal le caractère « spécialisé » qui leur était souvent associé. L'accessibilité de la documentation scientifique a entre autres été facilitée par l'arrivée de moteurs de recherche qui vous permettent d'avoir accès, si vous disposez d'une référence, à un résumé ou à un sommaire de l'article en inscrivant simplement quelques mots clés dans la page de recherche avancée. L'article complet est parfois disponible, mais si ce n'est pas le cas et que le sujet vous intéresse particulièrement, sachez que plusieurs bibliothèques (particulièrement les bibliothèques universitaires) peuvent vous aider à y accéder.

Durant nos essais pratiques, nous avons été intrigués par la découverte de nombreux points communs entre nos expériences et les résultats de ces recherches, et il a été très instructif de comparer les deux. Puisque plusieurs de nos expériences et des processus qui les accompagnent sont originaux, nous avons également ajouté ces résultats. Nous espérons par ailleurs qu'à l'avenir, certains enseignants prendront le temps d'analyser les travaux de leurs élèves (particulièrement lorsque nous n'avons pu le faire nous-mêmes) et qu'ils pourront contribuer à l'amélioration des connaissances disponibles sur le sujet en devenant des chercheurs à leur tour.

Les fiches reproductibles

Nous avons conçu cet ouvrage pour que les enseignants puissent aisément photocopier les fiches d'activités et les distribuer à leurs élèves. Cependant, nous

comprenons que certaines écoles et commissions scolaires ont des politiques strictes à propos du nombre de photocopies que peuvent faire les enseignants. Dans ce cas, plusieurs enseignants nous ont confié qu'ils recopiaient simplement les pages d'activités des élèves sur des transparents pour rétroprojecteurs ou sur des diapositives PowerPoint, en demandant aux élèves de répondre aux questions dans leur cahier d'exercices. À notre avis, cette méthode n'est toutefois pas aussi efficace que les photocopies, puisque nous avons porté une attention toute particulière à la disposition du texte et à l'espace alloué pour l'écriture. Nous cherchions ainsi à stimuler la participation des élèves en leur fournissant un document qu'ils pourront consulter pour réviser l'expérience réalisée en classe. Malgré tout, cette façon de procéder contribue certainement à remédier au problème auquel font face certains enseignants.

La sécurité en classe

Bien que la plupart des expériences aient été conçues pour être présentées sous forme de démonstrations, certaines se prêtent bien à l'exploration par les élèves. Il est important de montrer l'exemple et de rappeler les mesures de sécurité qui s'imposent pour que celles-ci soient suivies par les élèves lorsqu'ils feront eux-mêmes des expériences.

- Révisez toujours les fiches de données de sécurité relatives aux mesures de sécurité pour la manipulation des matériaux dangereux avec les élèves.
- Rappelez aux élèves de se contenter de regarder et d'observer les animaux, sans les toucher, à moins que vous ne leur demandiez d'agir autrement.
- Soyez prudent lorsque vous travaillez avec des objets coupants comme des ciseaux, des lames de rasoir, les extrémités d'un fil électrique, des couteaux ou des plaques de verre. Ces objets peuvent couper ou perforer la peau.
- Portez des gants de protection et des tabliers (de vinyle) lorsque vous manipulez des animaux ou que vous travaillez avec des produits chimiques dangereux.
- Portez des lunettes protectrices ventilées quand vous travaillez avec des produits chimiques dangereux liquides. Des lunettes de sécurité peuvent également être portées lorsque vous travaillez avec des solides comme de la terre, des mètres à mesurer, du matériel en verre ou tout autre objet potentiellement dangereux.
- Portez toujours des chaussures fermées ou des espadrilles plutôt que des sandales ou des tongs.
- Ne mangez et ne buvez jamais lorsque vous travaillez en classe ou au laboratoire.

- Lavez vos mains avec du savon et de l'eau après avoir effectué des expériences dans lesquelles vous deviez manipuler des produits chimiques, de la terre, des animaux, des plantes ou tout autre matériel salissant.
- Soyez prudent lorsque vous utilisez de l'argile. L'argile séchée ou en poudre contient une substance dangereuse appelée « silice ». Ne travaillez qu'avec de l'argile humide.
- Assurez-vous qu'aucun objet fragile et qu'aucune personne ne se trouve près de vous lorsque vous ferez tourner des objets autour de votre corps en utilisant une corde ou un fil.
- N'utilisez que des capteurs de température électroniques ou des thermomètres qui ne contiennent pas de mercure.
- Lorsque vous réchauffez ou que vous faites brûler des matériaux ou que vous produisez des vapeurs inflammables, assurez-vous que la ventilation est appropriée. Autrement, utilisez une hotte.
- Ne travaillez qu'avec de la terre exempte de pesticides, qui est disponible sur le marché pour les plantes de laboratoire et les expériences en classe.
- Plusieurs graines ont été exposées à des pesticides et à des fongicides. Portez des gants et lavez-vous les mains avec du savon et de l'eau après toute expérience dans laquelle des graines sont utilisées.
- N'employez jamais des brûleurs à alcool ou de chalumeau au propane comme source de chaleur. Ces instruments sont trop dangereux.
- Soyez prudent lorsque vous travaillez avec des insectes. Certains élèves peuvent être allergiques. Des insectes peuvent être porteurs de bactéries nuisibles, de virus et d'autres infections. N'utilisez que des insectes provenant de fournisseurs de produits biologiques et portez de l'équipement protecteur, y compris des gants, lorsque vous devez en manipuler.
- Essuyez immédiatement tout liquide renversé par terre : cela pourrait provoquer des chutes.

L'ouvrage et la progression des apprentissages en science et technologie

> Au primaire, les élèves se sont familiarisés avec la science et la technologie et ils ont abordé des connaissances portant sur des phénomènes simples et observables de leur environnement immédiat. Au secondaire, ils poursuivent le développement de leur culture scientifique et technologique qu'ils ont amorcé au primaire et qu'ils pourront continuer d'enrichir ultérieurement.[1]

Toutes les expériences proposées dans cet ouvrage permettent aux élèves du deuxième et du troisième cycle du primaire ainsi qu'aux élèves du premier cycle du secondaire de développer certains concepts propres à la science et à la technologie qui se trouvent dans le document *Progression des apprentissages : Science et technologie* du MELS. Selon les concepts ciblés, certaines expériences seront à privilégier au deuxième cycle ou au troisième cycle du primaire, ou encore au premier cycle du secondaire.

Pour accéder aux tableaux de correspondance, voir le site Web http://predire-observer-expliquer.cheneliere.ca.

Deux tableaux de correspondance entre les expériences et la *Progression des apprentissages en science et technologie* (un pour les deuxième et troisième cycles du primaire et un autre pour le premier cycle du secondaire) sont fournis sur le site Web de Chenelière Éducation. Vous pourrez ainsi déterminer à quel moment les expériences peuvent être vécues avec les élèves.

1. Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS) (2011). *Progression des apprentissages au secondaire : Science et technologie (parcours de formation générale)*. [En ligne] www1.mels.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/domaine_mathematique/science/index.asp (consulté le 9 juillet 2014).

Expérience 1.1 Les forces équilibrées

Thème	Comprendre la force et le mouvement
Concept	La première loi du mouvement de Newton
Matériel	Une poulie; deux objets de poids égal; de la ficelle[1]

L'explication scientifique

Les objets ne changeront pas de position à partir de leur position initiale parce que la force descendante de chaque côté de la poulie (si on néglige le poids de la corde) est identique et que la force nette est de zéro de part et d'autre de la poulie. L'attraction gravitationnelle est la même sur chacun des objets. Un objet demeurera en mouvement constant (ou demeurera immobile) jusqu'à ce qu'une force nette supérieure à zéro s'exerce sur lui. C'est ce qu'affirme la première loi de Newton.

Les explications des élèves: les prédictions

Cette expérience ayant été présentée à 40 élèves, 57 % d'entre eux ont fait une prédiction correcte en disant que les objets ne bougeraient pas, réponse a), 35 % ont choisi la réponse b) et 8 % ont choisi la réponse c). Les élèves qui ont prédit la bonne réponse étaient souvent capables de formuler une explication acceptable d'un point de vue scientifique:

Je pense que la réponse sera a) parce que la gravité agit sur les deux objets. Comme les objets ont le même poids, la force sera la même et les objets ne bougeront pas.

Ou encore, cette réponse très perspicace:

Il y a plus de poids sur l'objet qui est le plus bas parce qu'il y a plus de ficelle.

Certains élèves ont introduit le concept de frottement:

Je pense que ce sera a) parce qu'il y a du frottement sur la corde et que ça empêchera le mouvement.

Voici certaines idées reçues qui sous-tendaient les prédictions incorrectes. Plusieurs élèves semblaient penser que le système de poulie fonctionnait comme une balance à plateaux.

Puisque les poids sont égaux, ils seront à la même hauteur.

Quelques élèves ont expliqué leur raisonnement en disant que la gravité variait en fonction de la hauteur:

La gravité du dessus aura une plus grande attraction, alors il se passera ce qu'on voit dans l'image c).

Les explications des élèves: les résultats de recherche

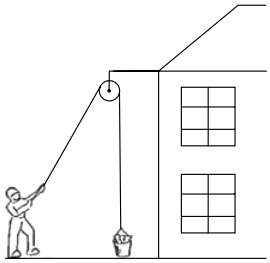
Selon les explications fournies, 78 % des 125 élèves pensaient que les objets se déplaceraient jusqu'à ce qu'ils arrivent au même niveau. Seulement 13 % des élèves qui avaient fait des prédictions incorrectes ont été capables d'associer leurs observations à des faits scientifiques.

1. Gunstone et White (1981) recommandent d'utiliser une roue de vélo plutôt qu'une poulie. Ils remplacent aussi les objets par un seau de sable et un bloc de bois. Ces suggestions sont pertinentes. Installez l'équipement de sorte que les deux objets soient à la même hauteur (*voir la réponse b*). Pour commencer l'expérience, descendez un des objets à la position a).

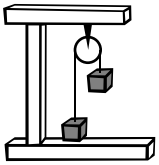
Fiche 1.1 Les forces équilibrées

Le problème du maçon

Un maçon doit construire une cheminée. Il installe une poulie au bord du toit. Il remplit ensuite un seau avec des briques. Le seau a le même poids que le maçon. Le maçon se demande s'il sera capable de soulever le seau. Sera-t-il capable de le tirer jusqu'en haut ? Il essaie !



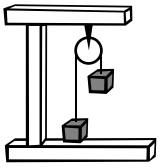
L'expérience

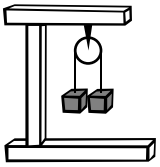


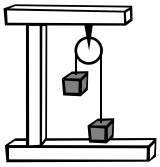
Attache deux objets de poids égal à un bout de ficelle que tu fais passer autour d'une poulie, comme tu peux le voir dans l'image ci-contre. Lâche l'objet du bas et attends une minute pour voir si quelque chose se passe. À ton avis, que va-t-il se passer ?

La prédiction

Selon toi, lequel des dessins suivants représente la position des objets dans une minute ? Encercle ta réponse.

a) 

b) 

c) 

Explique ton raisonnement.

_____

_____

_____

L'observation

Qu'est-ce qui s'est produit pendant l'expérience ?

_____

_____

L'explication

Explique ce qui s'est produit.

_____

_____

_____

_____

Reproduction autorisée © TC Média Livres Inc.