

10.4

Les forces externes et les forces internes

ATTENTES

- Démontrer sa compréhension du rapport entre la forme d'une structure et les forces externes et internes qui y agissent.
- Explorer, à partir d'expériences et de recherches, les forces qui agissent sur diverses structures ainsi que le rapport entre leur conception et leurs fonctions.

CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Compréhension des concepts

- Identifier les caractéristiques d'une force qui ont un impact sur une structure.
- Distinguer les forces internes (tension, compression, cisaillement, torsion) des forces externes agissant sur une structure.

Acquisition d'habiletés en recherche scientifique, en conception et en communication

- Utiliser les termes justes pour décrire ses activités d'expérimentation, de recherche, d'exploration et d'observation.

CONTEXTE SCIENTIFIQUE

Mesurer les forces

- Les matériaux réagissent différemment à la tension, au cisaillement, à la compression et à la torsion. L'ampleur de cette réaction est très importante dans la conception de la plupart des structures. Les scientifiques ont établi des normes pour mesurer ces valeurs afin de s'assurer que leurs structures sont sécuritaires.
- La tension est causée par la traction des extrémités d'un objet ou d'un matériau. Dans cette leçon, on se concentre sur les effets de la tension sur les matières solides, mais les concepts de tension superficielle ou de succion du sol sont similaires.
- La capacité d'un matériau à supporter la tension se nomme la résistance à la traction. La mesure habituelle de la résistance à la traction est la quantité minimale de tension requise pour causer la rupture du matériau. Elle s'exprime généralement en newtons.
- Les scientifiques mesurent l'effet du cisaillement sur un matériau à l'aide d'une caractéristique nommée module de cisaillement. Le module de cisaillement est la force de cisaillement appliquée divisée par l'amplitude de déplacement du matériau causée par ce cisaillement. Un module de cisaillement élevé indique qu'une grande force provoque très peu de mouvement. Les diamants ont un module de cisaillement de 448 gigapascals (GPa), alors que le rubis a un module de cisaillement de seulement 0,06 gigapascal.
- L'effet de la compression se mesure à l'aide d'une propriété nommée module de compression. Tout comme le module de cisaillement, le module de compression se mesure en unités de pression. Les matériaux durs comme le diamant ont un module de compression élevé : il faut une grande force de compression pour modifier leur volume. Les solides et les liquides ont généralement des modules de compression beaucoup plus élevés que les gaz.

IDÉES FAUSSES À RECTIFIER

- *Repérage* Les élèves pensent parfois que les forces internes n'ont aucun rapport avec les forces externes.
- *Clarification* Toutes les forces internes consistent en interactions entre les particules qui composent un matériau. Les forces externes appliquées sur un objet produisent des forces égales opposées dans le matériau; ces forces opposées (forces internes) résultent des réactions des particules à la force

Durée

45–60 min

À voir

Les forces qui agissent sur les structures ont certaines caractéristiques.

Vocabulaire

- force externe
- force interne
- point d'application
- plan d'application
- tension
- compression
- torsion
- cisaillement

Ressources pédagogiques

DR 0.0-7 : Organisateur graphique : tableau à quatre colonnes
 DR 0.0-13 : Organisateur graphique : boîte de mots
 DR 10.4-1 : Les types de forces
 Grille d'évaluation 1 : Connaissance et compréhension
 Site Web de sciences et technologie, 7^e année : www.duvaleducation.com/sciences

Ressources complémentaires

BROUWERS, Pierre.
 New York, Montréal, Éd. Prestige, 2007. (DVD)
 Site Web de sciences et technologie, 7^e année : www.duvaleducation.com/sciences

externe. Quand un matériau se brise, c'est parce que les forces internes qui maintiennent la cohésion des particules ont moins d'ampleur que les forces externes qui tendent à les séparer ou les éloigner.

- *Et maintenant?* À la fin de la leçon, demandez aux élèves : *Quelles sont les forces externes et les forces internes qui agissent sur une corde que l'on tend?* (La force externe est la force de traction exercée sur la corde. La force interne est la tension à l'intérieur de la corde, qui s'oppose à la force de traction.) Comment les forces internes changent-elles si on tire plus fort sur la corde? (Si on tire plus fort sur la corde, les forces internes augmentent jusqu'au moment où les forces externes surpassent les forces internes, ce qui entraîne le point de rupture de la corde.)

NOTES PÉDAGOGIQUES

1 Stimuler la participation

- **Démonstration magistrale : étirement de deux objets**

- Pour aider les élèves à visualiser les différents types de forces qui agissent sur les structures, montrez-leur une boule de pâte à modeler ou de mastic, et un crayon. Demandez aux élèves s'ils peuvent prédire ce qui arrivera si vous étirez, pressez, tordez ou appliquez une force de cisaillement sur le mastic ou sur le crayon. (Pour appliquer une force de cisaillement, appliquez des forces en sens opposé aux deux extrémités de l'objet : par exemple, tournez un bout du crayon vers la gauche et l'autre bout vers la droite sans permettre la rotation du crayon.)
- Étirez, pressez, tordez et appliquez une force de cisaillement sur les deux objets, et dites aux élèves d'observer les résultats. Appliquez une force de cisaillement sur le crayon en dernier lieu, car il va probablement se casser. Menez une discussion en classe sur les comportements différents des deux objets.
- Les élèves saisiront plus facilement les concepts présentés dans cette section s'ils comprennent bien ce que sont les forces d'action et de réaction. Discutez de ces forces en faisant votre démonstration avec le mastic et le crayon. Expliquez, par exemple, que la force de traction que vous exercez sur le crayon est une force d'action. Les particules du crayon produisent une force de réaction opposée, en réponse à cette force de traction. Cette force de réaction empêche le crayon de s'étirer quand vous tirez ou poussez sur ses extrémités. De la même façon, quand vous pressez le crayon, cette pression est une force d'action. Les particules du crayon produisent une force de réaction qui empêche le crayon de se déformer. Le mastic se déforme plus facilement que le crayon, car les forces qui agissent entre les particules du mastic sont moins grandes que celles qui agissent entre les particules du crayon.
- Vous pouvez aussi discuter des forces d'action et de réaction en prenant comme exemple la personne assise sur un tabouret à la figure 3 du manuel : la force vers le haut appliquée par le tabouret est une réaction à la force d'action de la personne assise.

2 Explorer et expliquer

- Pendant leur lecture de la section, encouragez les élèves à résumer dans leurs propres mots ce qu'ils lisent. Vous trouverez des conseils pour les aider à synthétiser l'information du texte à la rubrique **Vers la littérature** du manuel, et à la page 38 de ce guide.

- Le plan et le point d'application ont tous deux leur importance dans le comportement d'un objet soumis à une force. Si vous tentez de déplacer un livre en le poussant vers le bas, il ne bougera pas. Si vous le poussez vers le côté dans un certain angle, il bougera, même si vous poussez au même endroit. Si cela est possible, faites cette démonstration aux élèves avec un manuel.
- Quand les élèves commenceront à lire la section sur la tension, dites-leur de repenser à la démonstration que vous avez faite au début de la leçon et de se rappeler les exemples de forces de tension que vous leur avez montrés. (Étirer le mastic et le crayon a produit des forces de tension.) Rappelez aux élèves que le mastic et le crayon produisent des forces internes qui ont résisté aux forces de traction exercées. Expliquez-leur que le mastic s'est déformé lorsque la force externe qu'il subissait a dépassé la force de tension produite par les particules de mastic. Demandez-leur : *Que serait-il arrivé au crayon si je lui avais fait subir des forces de traction de plus en plus grandes ?* (Il se serait probablement brisé, comme le mastic s'est déformé, lorsque la force externe serait devenue plus grande que les forces de tension internes produites par les particules du crayon.)
- Dites aux élèves de penser à d'autres exemples de torsion que ceux qui se trouvent dans leur manuel. Donnez-leur un exemple en tordant un trombone, pour leur montrer qu'un objet peut finir par se briser lorsqu'on lui applique une force de torsion assez grande. Rappelez aux élèves l'exemple de torsion qu'ils ont pu observer lors de votre démonstration (les forces qui agissaient sur le mastic et le crayon).
- Quand les élèves liront la section sur les forces de cisaillement, rappelez-leur les forces de cisaillement que vous avez appliquées sur le mastic et le crayon lors de votre démonstration. Rappelez-leur également ce qui s'est produit quand vous avez appliqué une plus grande force sur le crayon (il s'est cassé). Expliquez-leur que le crayon s'est cassé parce que les forces externes que vous lui avez fait subir ont dépassé les forces de cisaillement internes que le crayon pouvait produire. C'est un déséquilibre de forces semblable qui peut faire casser les arbres soumis à des vents violents, et qui permet aux ciseaux de couper le papier.
- Les élèves trouveront d'autres exercices de différenciation des types de forces dans le DR 10.4-1, « Les types de force ». Ils devraient former des équipes de deux pour réaliser cette activité, et être en mesure d'expliquer toutes leurs réponses.

3 Approfondir et évaluer

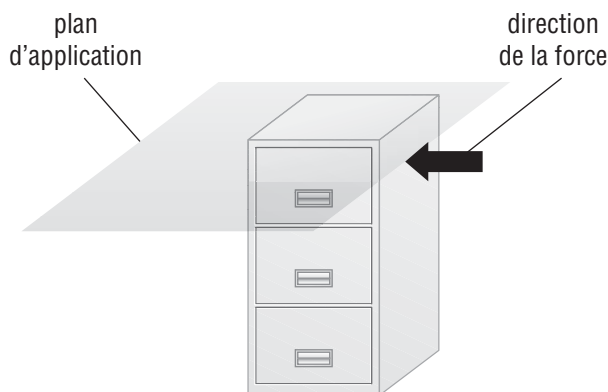
- Menez une discussion sur les différentes charges dont les ingénieures et ingénieurs ont dû tenir compte quand ils ont conçu votre école. Par exemple, il leur a fallu considérer la charge permanente des matériaux utilisés pour construire l'édifice, et la surcharge causée par les gens qui occuperaient l'édifice. Quand les élèves auront identifié ces charges, demandez-leur si les forces produites par ces charges sont des forces de tension, de compression, de torsion ou de cisaillement.
- Dites aux élèves d'observer plusieurs structures naturelles (nid d'oiseau, ruche d'abeille, arbre, etc.). Faites-leur remarquer comment la nature a formé ces structures pour faire face aux forces internes et externes. Dites ensuite aux élèves de penser à des structures de fabrication humaine qui ont une forme similaire à celle des structures naturelles, et de voir comment ces structures utilisent ces formes pour faire face aux forces externes et internes.
- Dites aux élèves de répondre aux questions de la rubrique **Vérifie ta compréhension**.

Occasions d'évaluation

Demandez aux élèves de faire des dessins de votre école et d'y indiquer les forces qui agissent sur l'édifice. Vous pouvez évaluer la pertinence de leurs dessins à l'aide de la Grille d'évaluation 1, « Connaissance et compréhension ».

VÉRIFIE TA COMPRÉHENSION – SUGGESTIONS DE RÉPONSES

1. a) Le cisaillement est une force interne.
b) La gravité est une force externe.
c) La torsion est une force interne.
d) La force appliquée sur le sol quand je me tiens debout est une force externe.
2. a) La compression est une force interne qui agit sur le matelas.
b) La gravité (mon poids) est la force externe qui agit sur le matelas.
3. La direction de la force est la direction dans laquelle la force agit. Le plan d'application de la force est la surface plane imaginaire que traverse la force appliquée.



4. a) tension b) cisaillement c) compression d) torsion

Vers la littérature

Synthétiser

- Dites aux élèves que, lorsqu'on synthétise l'information d'un texte, on acquiert une meilleure compréhension de son contenu. Cette stratégie allie l'habileté à résumer à la capacité à interpréter un texte et à établir des liens avec ses expériences personnelles et ce que l'on sait déjà à ce sujet.
- Quand les élèves ont terminé leur lecture, dites-leur de travailler à deux pour résumer ce qu'ils ont lu. Rappelez-leur le résumé qu'ils ont fait à la section 10.3. Dites aux élèves que leurs résumés doivent reprendre les idées principales de la section et mentionner les concepts et les termes les plus importants qui y sont présentés.
- Quand les élèves ont terminé leurs résumés, demandez-leur de faire deux listes : une liste des questions qu'ils se posent encore sur ces sujets, et une liste des liens ou des associations qu'ils font entre le texte et ce qu'ils savaient déjà. Dans la deuxième liste, les élèves peuvent répondre à la question : *À quoi cette information m'a-t-elle fait penser?*
- Dites aux élèves de combiner leurs résumés et leurs listes en un paragraphe de synthèse qui reprend les principales idées de la section et les associe à leurs connaissances et leurs expériences personnelles. Encouragez les élèves à répondre aux questions qu'ils se posent encore en réfléchissant aux liens qu'ils ont pu établir. (Cette section décrit les forces internes et externes qui agissent sur les objets. Certaines de ces forces ont un nom étrange : torsion ou cisaillement, par exemple. Je me pose encore des questions sur la distinction à faire entre ces forces différentes. Il est plus facile de comprendre ces forces quand j'établis des liens avec mes expériences personnelles, comme lorsque je pense à la force de torsion que j'applique en tordant un linge mouillé, ou à la force de cisaillement que j'applique en déchirant un chiffon en deux morceaux.)
- Demandez à des volontaires de faire part de quelques liens qu'ils ont établis en synthétisant le texte. (Quand je déchire du papier, j'exerce une force de cisaillement. Si je pèse sur mon bras avec mon doigt, il se produit une compression.)

Outils +

- Pour aider les élèves à comprendre ce que sont les différentes forces internes, distribuez le DR 0.0-7, «Organisateur graphique : tableau à quatre colonnes». Dites aux élèves d'utiliser le tableau pour comparer les forces de tension, de compression, de torsion et de cisaillement.

Défis +

- Suggérez aux élèves que cela intéresse d'effectuer une recherche sur des effondrements de structures qui se sont produits au Canada et aux États-Unis. Ils devraient décrire les circonstances de chaque effondrement et les forces internes et externes qui y ont contribué.

Élèves en français langue seconde

FLS

- Distribuez aux élèves en FLS des exemplaires du DR 0.0-13, «Organisateur graphique : boîte de mots». Ils pourront utiliser ces documents pour résumer leurs connaissances des quatre forces internes décrites dans cette section.

Géniales, les sciences!***L'effondrement du pont du détroit de Tacoma : un cas de défaillance structurelle***

- Les ingénieurs et ingénieures qui ont conçu le pont du détroit de Tacoma savaient déjà avant la fin des travaux que leur conception posait un problème. Ils ont tenté à plusieurs reprises de corriger la situation. Ils ont d'abord ajouté des amortisseurs spéciaux sur les piliers supportant le pont, en espérant que ces amortisseurs réduiraient l'oscillation du pont. Malheureusement, ces amortisseurs n'ont eu aucun effet.
- Des scientifiques ont alors testé une maquette du pont dans une soufflerie aérodynamique dans le but de déceler le défaut de conception. Ils ont suggéré aux ingénieurs et ingénieures d'attacher des câbles aux côtés du pont, pour le «retenir» vers le bas. Ces câbles ont eu un certain effet, mais pas suffisamment pour stabiliser le pont.
- Les scientifiques qui ont mené des tests de soufflerie aérodynamique ont appris que l'une des causes principales de l'instabilité du pont était la rigidité de ses poutres. Ils ont suggéré de recouvrir les poutres de feuilles de métal pour faire dévier le vent et résoudre le problème. Le pont s'est effondré avant que ces déflecteurs puissent être installés.

PROGRESSION DANS L'APPRENTISSAGE**Ce qu'il faut surveiller**

Ce qui indique que les élèves peuvent...

- différencier les forces externes et les forces internes;
- identifier plusieurs types de forces externes, incluant la gravité;
- décrire la tension, la compression, la torsion et le cisaillement.