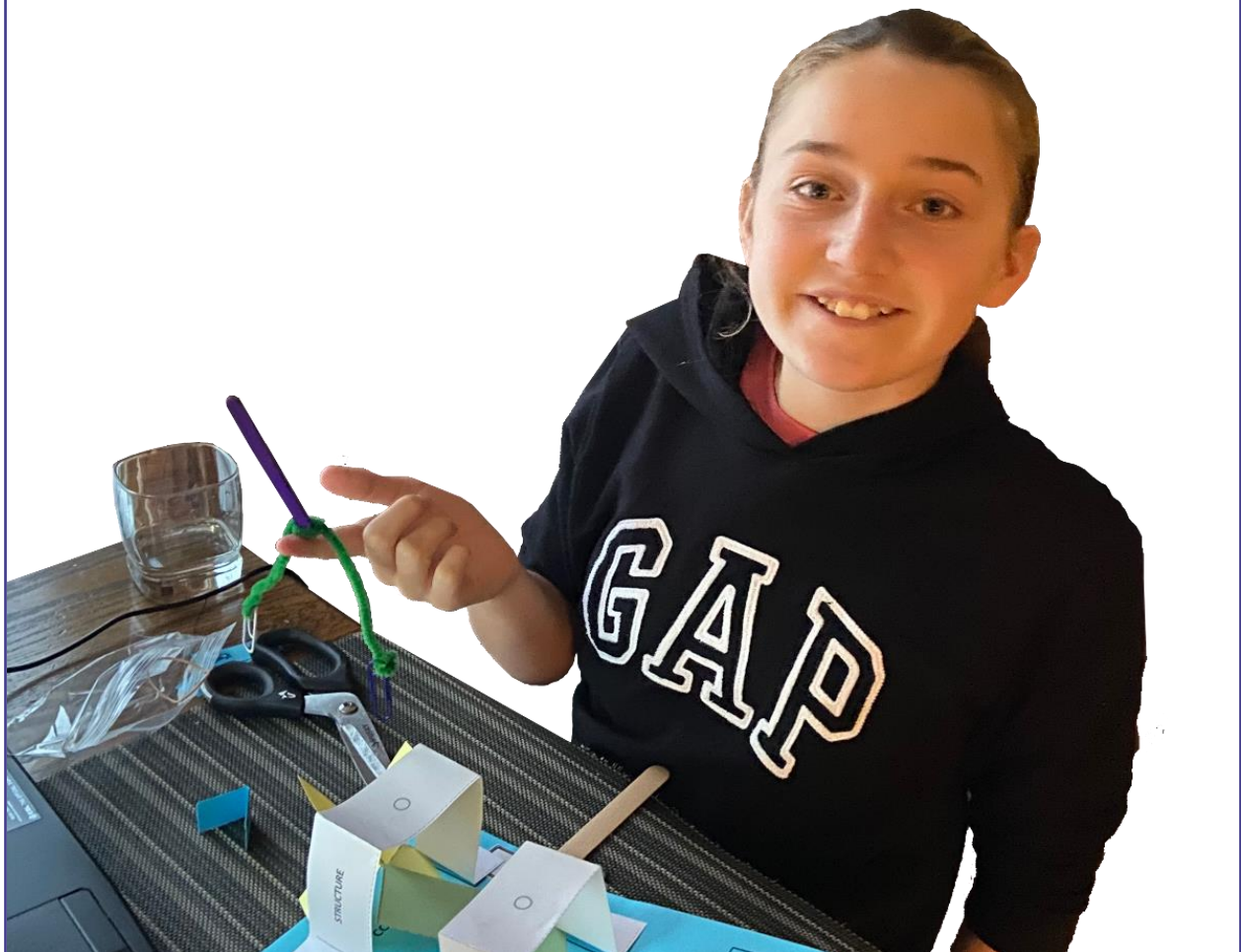


Trousse de l'enseignant

Pour maîtriser les forces

Renseignements généraux, activités pratiques,
et documentation pour les enseignants et les élèves



scientists
IN SCHOOL
scientifiques
À L'ÉCOLE



Renseignements généraux	Page 1
Un survol du sujet et des concepts théoriques	
Activité 1 : Quel est le poids de votre sac d'école?	Page 6
Activité avec crayon et papier	
Activité 2 : Coup d'œil sur les forces intérieures	Page 9
Activité courte, facile à faire (de 30 à 60 min)	
Activité 3 : Construisez votre propre dôme!	Page 15
Activité courte, facile à faire (de 30 à 60 min)	
Activité 4 : Construisons des pyramides!	Page 19
Activité plus longue (plus d'une heure)	
Activité 5 : Fais ce que les Romains font... ou ne font pas!	Page 23
Activité complexe	
Documentation pour l'enseignant et les élèves	Page 26
Livres, sites Web et vidéos	

Aidez-nous à améliorer nos trousse de ressources destinées aux enseignants!

Si vous avez des commentaires à émettre au sujet de cette trousse ou des suggestions à formuler relativement à de nouvelles ressources, n'hésitez pas à communiquer avec nous à

ottawa@scientifiquesalecole.ca.

Renseignements généraux

Supposons que vous êtes en retard pour aller à l'école... Vous réagissez en sautant du lit, en posant bruyamment votre tasse à café sur le comptoir de cuisine et en courant vers la porte. Vous n'y avez probablement pas pensé, mais pendant ces quelques secondes, de nombreuses forces sont entrées en action... Il y a les forces qui vous ont permis de tenir entre vos mains votre tasse de café. Il y a les forces que vos pieds ont exercées sur le sol afin de vous déplacer. Et bien sûr, il y a la gravité. Bref, les forces sont en action en tout temps!

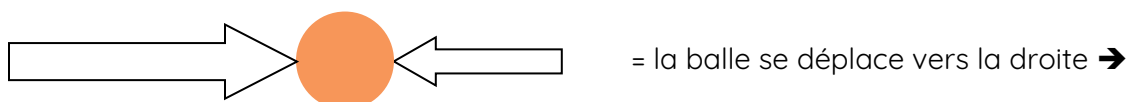
Forces

Une force est une poussée ou une traction exercée sur un objet. Une force a une direction et une intensité : selon ces deux facteurs, une force peut modifier la vitesse, la direction, la forme ou la pression exercée sur un objet. Les ingénieurs utilisent des flèches (« vecteurs ») pour représenter la direction et l'intensité d'une force. Ainsi, plus grande est la flèche, plus importante est la force. Pour mesurer une force, on utilise une unité qui porte le nom de newton (N). Un newton équivaut à la force exercée pour communiquer à une masse de 1 kilogramme une accélération de 1 mètre par seconde (m/s^2), et ce, en l'absence de toute autre force produisant des effets. Les lois du mouvement de sir Isaac Newton ont établi les bases théoriques de l'interaction entre les forces et les mouvements.

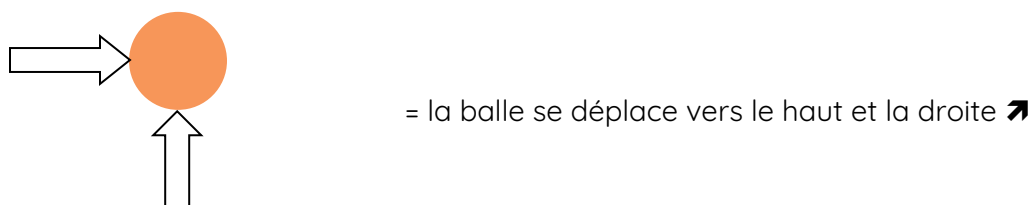
La première loi du mouvement de Newton stipule qu'un objet au repos tend à rester inerte, tandis qu'un objet qui se déplace tend à rester en mouvement à moins d'être soumis à une force non équilibrée. Par exemple, si deux personnes appliquent une force égale sur une balle dans des directions opposées, la balle demeurera inerte. On considère alors qu'elle est en équilibre.



Si l'une des deux personnes pousse plus fort que l'autre, l'objet se déplacera dans la direction de la force la plus importante. On dit alors que les forces sont en déséquilibre sur le plan de la force.



Si deux personnes appliquent des forces dans des directions différentes, la balle se déplacera dans la direction de la force résultante. Les forces sont alors en déséquilibre en termes de direction.



La deuxième loi de Newton décrit le lien existant entre la force, la masse d'un objet et l'accélération. Plus grande est la masse d'un objet, plus grande est la force requise pour le déplacer.

$$\text{Force} = \text{masse} \times \text{accélération} \text{ ou } F = m a$$

Quant à la troisième loi du mouvement de Newton, elle énonce que toute action entraîne une réaction équivalente et de force opposée. Pour chaque interaction, il existe une paire de forces qui agit sur les deux objets en interaction. L'importance des forces exercées sur le premier objet équivaut à l'importance de la force exercée sur le deuxième objet, mais dans des sens opposés.

Forces extérieures agissant sur les structures

Les forces extérieures sont les forces qui s'exercent sur une structure à partir de l'extérieur. La force extérieure la plus courante est la traction descendante exercée par la gravité. La gravité se définit comme la force qui attire deux objets. Si un objet possède une masse, il possède alors une force gravitationnelle. Galileo Galilei était un scientifique réputé du 16^e siècle qui a étudié les effets de la gravité. L'une de ses expériences les plus connues consistait à laisser tomber des balles de masses différentes du haut de la tour de Pise. Il a découvert que ces balles, malgré leurs masses différentes, subissaient la même accélération. Cette découverte contestait la théorie d'un autre scientifique, Aristote, qui croyait qu'un objet d'une masse plus grande tombait plus rapidement au sol qu'un objet de masse plus petite.

De plus, Galilée a découvert que la résistance de l'air a un effet supérieur sur un objet de masse inférieure. Étant donné que l'accélération sur Terre possède une valeur constante de 9,8 m/s², l'équation $F = m \times a$ se traduirait par $F = m \times 9,8 \text{ m/s}^2$. Comme on peut le voir, la force de la gravité est en relation directe avec sa masse. Par exemple, si une plume et un livre tombent en même temps, la plume tombe plus lentement en raison du lien existant entre la résistance de l'air et la masse légère de la plume, ainsi que sa superficie. La force gravitationnelle plus importante du livre réussit à vaincre la force exercée par la résistance de l'air et tombe donc plus rapidement. Si l'on répétait cette expérience sous vide (ce qui éliminerait la résistance de l'air), on verrait les deux objets tomber en même temps. C'est cette expérience que les astronautes de la mission Apollo 15 ont réalisée en 1971 lors d'une sortie sur la Lune : à cette occasion, ils ont laissé tomber en même temps un marteau et une plume. Résultat : les deux sont tombés à une vitesse constante.

La force gravitationnelle exercée sur une structure comprend deux volets :

- la charge morte, que l'on définit comme le poids de la structure en soi;
- la charge vive, que l'on définit comme le poids de tout objet situé à l'intérieur de la structure ou sur celle-ci.

Par exemple, la charge morte d'une école est le poids des matériaux utilisés pour la construction (p. ex., le béton, l'acier, les briques et le verre). La charge vive correspond au poids des personnes, des bureaux et des ordinateurs situés à l'intérieur du bâtiment (ce poids peut varier d'une heure à l'autre).

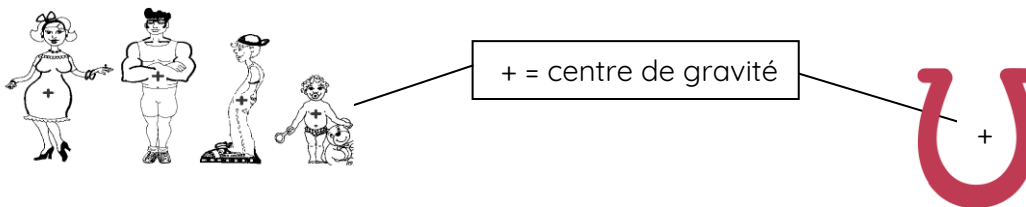
La force extérieure s'exerce contre la force de gravité. En effet, la force extérieure exerce une force appliquée ascendante dans la direction opposée. Si une structure ne peut exercer une force intérieure ascendante afin de contrebalancer la force de gravité, il est fort probable que la structure se déformera ou s'effondrera. Par exemple, lorsqu'un livre repose sur un bureau, il ne bouge pas. La force de gravité exerce une force égale dans le sens opposé à la poussée du bureau : par conséquent, les forces sont équilibrées. Si le livre était très lourd et que la force de gravité était trop importante pour que le bureau puisse s'y opposer, il y aurait là un déséquilibre des forces. Le bureau s'écroulerait et le livre tomberait sur le sol.

Afin de soutenir une charge, on utilise des structures avec certaines formes qui peuvent soutenir la force. Le triangle est considéré comme une forme résistante, étant donné qu'il ne se déforme pas facilement sous le poids d'une charge. En revanche, un carré peut fléchir sous le poids d'une lourde charge et se transformer en un parallélogramme. Si vous placez une pièce de renforcement en diagonale à l'intérieur du carré, cela crée des formes triangulaires qui renforcent la forme.



Centre de gravité

Le centre de gravité d'un objet correspond exactement au centre de sa masse, à l'endroit où il est équilibré de façon égale. Parfois, ce point peut être situé à l'extérieur d'un objet (p. ex., un fer à cheval).



Les ingénieurs conçoivent des structures de façon à ce que le centre de gravité soit le plus bas possible, ce qui rend la structure plus stable. Ils peuvent atteindre cet objectif en ajoutant plus de masse à la partie inférieure de la structure, en élargissant la base, en créant des fondations profondes ou en choisissant différents matériaux de construction. Par exemple, la tour du CN est une solide structure d'une grande stabilité en raison de son centre de gravité bas. La tour s'élargit à sa base. De plus, ses fondations en béton et en acier de 6,7 m contiennent 17 % du béton utilisé dans tout le bâtiment.

Forces intérieures : tension, compression, cisaillement et torsion

Une force intérieure, comme son nom l'indique, est une force qui s'exerce de l'intérieur d'un objet. La tension est une force de traction qui a pour résultat d'étirer ou de rallonger un objet. La compression est une force de poussée qui comprime ou écrase un objet. Le cisaillement est une force intérieure qui brise les matériaux en exerçant une poussée sur un objet dans des directions opposées (p. ex., des ciseaux qui découpent une feuille de papier en deux). La torsion est une force qui s'exerce sur un objet en tournant ses extrémités dans des directions opposées (p. ex., ouvrir le couvercle d'un bocal).

Les ingénieurs doivent choisir des matériaux qui résistent aux forces intérieures afin d'assurer la stabilité et la sécurité de la structure. Dans l'Antiquité, les pyramides ont été construites en calcaire. En effet, les Égyptiens avaient découvert que ce matériau résiste très bien à la compression. De plus, ils avaient tourné à leur avantage le fait que le calcaire présente une faible résistance à la traction en utilisant des coins en bois pour découper le roc. Ils enfonçaient dans le calcaire des coins en bois, puis ils les imbibaient d'eau jusqu'à ce qu'ils gonflent et fracturent la roche.

Dans les structures modernes, les constructeurs privilégient la pierre et le béton en raison de leur capacité à résister à une compression importante. Par exemple, on utilise des piliers et des colonnes en béton pour soutenir des grandes structures (p. ex., des ponts). Si une structure cède à la compression, elle se déforme. En 1907, l'architecte américain Theodore Cooper a conçu le pont cantilever de Québec afin de franchir 550 m au-dessus du fleuve Saint-Laurent. Malheureusement, le pont comportait des erreurs de conception : des contraintes de compression excessives s'exerçaient sur la partie horizontale inférieure du pont. Le 29 août 1907, pendant la construction, le pont s'est effondré. Soixante-quinze travailleurs furent tués.

Les ingénieurs utilisent l'acier dans la construction en raison de ses propriétés élastiques et de sa résistance à la traction. Par exemple, on utilise couramment des traverses ou des câbles en acier dans la construction de ponts à poutre triangulée et de ponts suspendus. Une structure qui est poussée à ses limites de résistance à la traction cédera en cassant net. Le Saddledome de Calgary, hôte des Olympiques en 1988 et domicile des Flames de Calgary de la LNH, est un exemple de structure qui résiste à la traction. Conçu en 1983, le bâtiment est doté d'un toit en forme de selle qui ne comporte aucun pilier susceptible de bloquer la vue des spectateurs. Le toit est maintenu en place par un réseau de câbles sous tension qui supporte des panneaux de béton préfabriqués. Malgré les inondations qui ont dévasté l'Alberta en 2013, cette structure a bien tenu le coup et demeure solide.



Le Saddledome de Calgary
Source : Maureen, Wikimedia Commons



Pont cantilever de Québec (reconstruit en 1917)
Source : GBoivinT, Wikimedia Commons

Le saviez-vous?

Une anomalie gravitationnelle au Canada!

La région de la baie d'Hudson possède une gravité plus faible que dans les autres régions du monde. La raison? La Terre possède une masse inégale, de telle sorte que la gravité n'est pas égale partout!

Les forces et les systèmes mécaniques

Les systèmes mécaniques ou les machines simples (p. ex., les plans inclinés, les poulies et les roues) peuvent nous aider à modifier la façon dont un travail est effectué, soit en réduisant la force nécessaire pour exécuter ce travail, soit en raccourcissant la distance requise pour déplacer un objet.

Travail = Force x Distance ($T = F \times d$) (mesuré en newtons-mètres [N·m] ou en joules [J]).

Moins il faut de force pour déplacer un objet sur une distance particulière, moins il faut de travail pour accomplir cette tâche. Par exemple, la quantité de travail et de force nécessaire pour pousser un ballon de basket-ball est moindre que la force requise pour pousser une roche de taille semblable sur la même distance. Certains systèmes mécaniques peuvent nous aider à réduire la force requise pour accomplir une tâche sans nécessairement réduire le travail nécessaire. Par exemple, un plan incliné peut aider à déplacer une lourde boîte sur une plus longue distance; bref, il faut ici moins de force pour accomplir le même travail.

Les forces et l'environnement

En outre, les structures doivent être en mesure de tenir tête aux forces imprévisibles de l'environnement (p. ex., vents, secousses sismiques, ouragans, neige et glace). Pour que la structure conserve son utilité, elle doit pouvoir résister à ces forces, et ce, tout en conservant sa solidité et sa stabilité. À Vancouver, des ingénieurs s'efforcent constamment d'améliorer les structures au moyen de renforcements et de matériaux spécialisés (p. ex., des panneaux en verre arrondis). Leur objectif est de construire des bâtiments modernes qui peuvent résister aux tremblements de terre et minimiser les blessures des occupants. On a pu constater les ravages causés par la grande tempête de verglas de 1998 qui a touché l'Ontario, le Québec et les provinces de l'Est du Canada. La pluie verglaçante avait causé l'accumulation de glace sur les lignes électriques et les arbres. Ces structures, qui étaient incapables de résister à un tel ajout de poids, se sont effondrées. Il en a résulté des pannes d'électricité qui ont privé de courant 4 millions de personnes pendant de nombreux jours.

Le saviez-vous?

La tour du CN

Saviez-vous que la tour du CN est la plus haute structure autoportante de l'hémisphère occidentale? Elle a été conçue pour supporter des vents de 418 km/h et des tremblements de terre d'une intensité de 8,5 sur l'échelle de Richter! Cette structure peut résister à plusieurs forces de l'environnement!

Activité 1

Durée : 30-60 minutes

Autres applications :
Mathématiques, langue

Termes clés : Masse, poids, gravité, force extérieure

Taille du groupe : Activité individuelle

Matériel :

1 exemplaire par élève de la feuille de données « Quel est le poids de votre sac d'école? » (inclus)

crayons

calculatrices

pèse-personne

sacs à dos ou sacs d'école des élèves

Quel est le poids de votre sac d'école?

Objectif d'apprentissage : Les élèves apprendront la différence entre une masse et un poids. Pour ce faire, ils devront comparer différents poids sur différents astres du système solaire. Ils pourront ainsi comprendre les effets de la gravité.

Quand une personne se pèse, elle mesure son poids en fonction de la force gravitationnelle sur Terre. Si l'on mesurerait votre poids sur la Lune, votre masse serait identique. Toutefois, votre poids serait inférieur, car la Lune est moins massive que la Terre. L'équation pour calculer le poids est la suivante :

$$\text{Poids} = \text{masse} \times \text{accélération due à la gravité (en m/s}^2\text{)}$$
$$\text{ou } P = m \times g, \text{ mesuré en newtons (N).}$$

Méthode

1. Distribuez des copies de la feuille de données « Quel est le poids de votre sac d'école? ».
2. Passez en revue les termes de masse, d'accélération et de poids, ainsi que la méthode pour calculer le poids :
 - a. Masse (m) = quantité de matière d'un corps, mesurée en grammes (g ou kg);
 - b. Accélération due à la gravité (g) = modification de la vitesse (vitesse), mesurée en m/s²;
 - c. Poids (P) = mesure de la force gravitationnelle agissant sur une masse, dont l'équation s'exprime par Poids = masse (m) x accélération due à la gravité (g), mesuré en newtons (N).
3. Demandez aux élèves de mesurer (en kg) à l'aide d'un pèse-personne le poids de leur sac à dos/sac d'école sur Terre et de noter la mesure sur leur feuille de données.
4. Demandez aux élèves de faire des prédictions : leur sac à dos/sac d'école sera-t-il plus lourd (+) ou plus léger (-) sur un corps céleste donné?
5. Demandez aux élèves d'encercler les endroits où, selon eux, leur sac à dos/sac d'école sera le plus lourd ou le plus léger.
6. Une fois les prédictions consignées, donnez aux élèves les facteurs d'attraction gravitationnelle selon les astres célestes, comparativement à la Terre. Demandez-leur d'inscrire les valeurs sur leurs feuilles de données.
7. Demandez aux élèves de remplir les feuilles de données en calculant le « nouveau poids » de leur sac à dos/sac d'école pour chaque astre du système solaire en utilisant l'équation suivante :

$$P_{\text{planète}} = P_{\text{Terre}} \times (\text{facteur d'attraction gravitationnelle})_{\text{planète}}$$

Observations :

Vous trouverez ci-dessous les facteurs d'attraction gravitationnelle comparativement à la Terre et une feuille de données dûment remplie pour un sac à dos/sac d'école qui pèse 15 kg sur Terre. C'est sur le Soleil que le sac à dos/sac d'école sera le plus lourd, tandis que c'est sur Pluton qu'il sera le plus léger.

Corps célestes du système solaire	Prédiction concernant le poids du sac à dos/sac d'école (plus lourd ou plus léger que sur Terre)	Facteur d'attraction gravitationnelle comparativement à la Terre	Le « nouveau » poids de votre sac à dos/sac d'école (kg)
Soleil	Plus lourd (+)	28,00	420
Mercure	Plus léger (-)	0,38	5,7
Vénus	Plus léger (-)	0,91	13,65
Terre	Poids identique	1,00	15
Lune	Plus léger (-)	0,17	2,55
Mars	Plus léger (-)	0,38	5,7
Jupiter	Plus lourd (+)	2,54	38,1
Saturne	Plus lourd (+)	1,08	16,2
Uranus	Plus léger (-)	0,91	13,65
Neptune	Plus lourd (+)	1,19	17,85
Pluton	Plus léger (-)	0,06	0,9

Discussion :

À quoi pourrait ressembler une promenade sur une planète avec une attraction gravitationnelle plus élevée ou plus faible que sur la Terre? Discutez-en avec les élèves. Vous pouvez aussi les inviter à montrer comment ils pourraient marcher sur le Soleil ou la Lune. En fait, comme le Soleil est doté de l'attraction gravitationnelle la plus élevée, il serait difficile d'y marcher (sans compter qu'il y ferait beaucoup trop chaud!). C'est Pluton qui possède l'attraction gravitationnelle la plus faible : par conséquent, c'est sur ce corps céleste que l'on se sentirait le plus léger!

Qu'est-ce que les ingénieurs devraient faire différemment pour construire des structures stables sur ces planètes? Sur une planète comme Jupiter, il faudrait construire des structures avec des matériaux beaucoup plus solides. En effet, de telles planètes possèdent une masse plus importante que la Terre; par conséquent, elles sont dotées d'une attraction gravitationnelle plus intense. À l'inverse, une structure sur la planète Mercure n'aurait pas besoin d'être construite aussi solidement que sur Terre; sa masse est plus petite et son attraction gravitationnelle plus faible.

Nom : _____

Quel est le poids de votre sac d'école?

Poids de votre sac à dos/sac d'école : _____ kg

Corps célestes du système solaire	Prédiction concernant le poids du sac à dos/sac d'école (plus lourd ou plus léger que sur Terre)	Facteur d'attraction gravitationnelle comparativement à la Terre	Le « nouveau » poids de votre sac à dos/sac d'école
Soleil			
Mercure			
Vénus			
Terre			
Lune			
Mars			
Jupiter			
Saturne			
Uranus			
Neptune			
Pluton			

Exemple de calcul du poids sur différentes planètes :

Poids du sac à dos/sac d'école sur Terre = 15 kg

Poids du sac à dos/sac d'école sur la Lune de la Terre :

$$P_{\text{Lune}} = P_{\text{Terre}} \times (\text{facteur d'attraction gravitationnelle})_{\text{Lune}}$$

$$P_{\text{Lune}} = 15 \times 0,17 = 2,55$$

Activité 2

Durée : 60-90 minutes

Autres applications:
Mathématiques, langue

Termes clés : Tension, compression, charge, gravité, force intérieure

Taille du groupe : Petits groupes

Matériel (par groupe) :
Fiche de données « Coup d'œil sur les forces intérieures » (1 exemplaire [inclus]) et 1 crayon par élève

2 pinces à ressort

balance à ressort/dynamomètre (1 à 5 newtons) - facultatif

10 séries d'articles d'une masse de 500 g ou équivalente (p. ex., sacs ou boîtes de sucre, de farine, de riz, de pâtes)

sacs en plastique pour contenir la masse

ruban-masque

Matériel pour les tests de traction (par groupe) :

assiette en papier et en mousse de polystyrène de taille semblable

sacs en papier ou en plastique de taille semblable

réglisse et vers en gélatine de taille semblable

Coup d'œil sur les forces intérieures

Objectif d'apprentissage : Les élèves découvriront en quoi consistent les forces intérieures qui s'exercent sur des objets. Pour ce faire, ils devront effectuer des tests de tension et de compression sur différents articles domestiques. Les scientifiques et les ingénieurs effectuent des tests de compression et de tension. Ils peuvent ainsi vérifier les propriétés et le choix des différents matériaux utilisés dans la construction d'un bâtiment. Les tests de résistance permettent de mesurer la force nécessaire pour briser un objet, pour le plier sous la compression ou pour le déformer sur une superficie donnée. Ces mesures sont exprimées en newtons par mètre carré (N/m^2) ou en pascal (Pa).

Un test de tension consiste à exercer une traction sur un objet jusqu'à ce qu'il cède (c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il se brise ou qu'il se déforme de façon permanente). La résistance à la force de traction est mesurée par la force nécessaire pour briser l'objet sur sa surface transversale.

Un test de compression consiste à placer un objet entre des plaques et à appliquer une force d'écrasement jusqu'à ce que l'objet plie ou se déforme de façon permanente. La résistance à la force de compression exercée sur un matériau correspond à la force requise pour plier un objet sur sa surface transversale.

Méthode

1. Remettez des exemplaires de la feuille de données « Coup d'œil sur les forces intérieures ».
2. Passez en revue les concepts de tests de tension et de compression.
3. Les élèves pourront étudier la force de gravité d'une masse en utilisant une balance à ressort/un dynamomètre. Si vous ne disposez pas d'un tel instrument pour chaque groupe, vous pouvez en montrer le principe ou l'expliquer à la classe. Placez une masse de 500 g dans un sac et attachez-le à une balance à ressort/un dynamomètre au moyen d'un crochet en S. Vous devriez obtenir une force de 5 N. Si vous n'avez pas de masse solide, utilisez à la place un sac de riz ou de sucre de 500 g.
4. Pour les tests de tension, vous utiliserez deux objets de surface semblable afin de comparer jusqu'à quel point ceux-ci peuvent résister à la force exercée sur eux (jusqu'à 50 N) avant de se briser. À l'aide de la feuille de données, essayez de prédire quel objet sera le plus résistant (✓) et le moins résistant (✗):
 - a. une assiette en papier comparativement à une assiette en mousse de polystyrène;

Matériel pour les tests de compression (par groupe) :

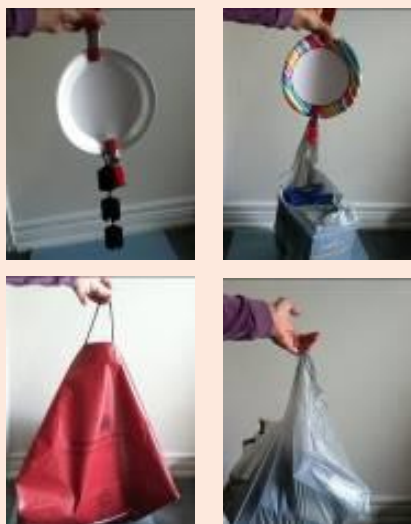
petits gobelets en papier et en plastique de taille semblable

canette en aluminium et bouteille de plastique (vides)

éponge de cuisine et grosses guimauves

deux morceaux de carton

Exemples de tests de tension



Exemples de tests de compression



- b. un sac en papier comparativement à un sac en plastique (note : pour ce test, les masses peuvent être placées à l'intérieur des sacs);
 - c. un sac en papier comparativement à un sac en plastique (note : pour ce test, les masses peuvent être placées à l'intérieur des sacs);
 - d. une réglisse comparativement à des vers en gélatine.
5. Pour effectuer un test de tension, les pinces à ressort doivent être fixées aux deux extrémités de l'objet à tester. Attachez une masse de 500 g à la pince du bas et tenez l'objet avec la pince du haut. Observez l'objet afin de détecter toute défaillance ou déformation. Le cas échéant, consignez toute modification physique de l'objet. Si l'objet cède à la tension exercée, prenez note de la force requise et passez à l'étape 7.
6. Si l'objet n'a pas encore cédé, ajoutez une autre masse (500 g). Continuez à ajouter des masses supplémentaires jusqu'à ce que l'objet cède (se brise) sous la tension. Prenez note de toute modification physique de l'objet et de la force requise pour le briser (5 N par masse de 500 g). Si l'objet ne se brise pas, déterminez et notez si l'objet s'est allongé (déformation permanente). Ces renseignements permettront d'établir le degré d'élasticité du matériau.
7. Répétez les étapes 5 et 6 pour les deux autres séries d'objets de tailles semblables. Mesurez et notez les modifications physiques, de même que l'intensité de la force requise pour briser les objets.
8. Pour effectuer un test de compression simple, placez un objet entre deux morceaux plats de carton et ajoutez une masse par-dessus. Les élèves pourront comparer deux objets de taille similaire. À l'aide de la feuille de données, veuillez prédire quel objet sera le plus résistant (✓) et le moins résistant (✗) :
- a. un gobelet en plastique comparativement à un gobelet en papier;
 - b. une canette en aluminium comparativement à une bouteille d'eau en plastique jetable (collez chaque extrémité de la canette et de la bouteille au carton avec du ruban masqué; pendant le test, il est possible que les élèves aient à se servir de leurs mains afin d'équilibrer légèrement la pression exercée par la masse);
 - c. une éponge comparativement à des guimauves (placez autant de guimauves qu'il le faut afin de couvrir la même superficie que l'éponge).
9. Placez une masse mesurée au préalable (commencez par 500 g ou 5 N). Continuez à ajouter des masses jusqu'à ce que l'objet plie ou se déforme de façon permanente.



10. Consignez sur la feuille de données les modifications physiques et la force requise pour que l'objet cède au test de compression (pour qu'il plie ou se déforme de façon permanente). Quand vous retirez la masse, qu'arrive-t-il à la forme de l'objet?
11. Répétez les étapes 9 et 10 pour chaque autre série d'objets de tailles semblables. Mesurez et consignez les résultats sur la feuille de données.

Observations :

Vous trouverez dans le tableau suivant des exemples de résultats pour les tests de tension et de compression effectués avec les objets suggérés. En résumé, on peut dire que l'assiette en papier, le sac en papier et la réglisse constituent les matériaux les plus résistants à la tension. Le gobelet en papier, la canette en aluminium et l'éponge sont les objets qui résistent le mieux à la compression.

Test	Matériel	Force exercée au point de défaillance (N)	Modifications physiques	Matériel	Force exercée au point de défaillance (N)	Modifications physiques
Tension Test A	Assiette en mousse de polystyrène	35 N	Au départ, aucun changement. Puis, l'assiette se brise.	Assiette en papier	50 N +	Aucune modification
Tension Test B	Sac en papier avec poignée	50 N +	La poignée plie, mais ne cède pas.	Sac en plastique avec poignée	40 N	La poignée s'étire, se déforme, puis se brise.
Tension Test C	Réglisse	45 N	La réglisse s'étire et se déforme de façon permanente.	Ver en gélatine	10 N	Le ver s'étire, puis se brise.
Compression Test A	Gobelet en papier	45 N	Au départ, aucun changement. Puis, le gobelet s'écrase légèrement.	Gobelet en plastique	20 N	Le gobelet se chiffonne au centre.
Compression Test B	Bouteille d'eau en plastique	25 N	Au départ, aucun changement. Puis, la partie inférieure de la bouteille s'écrase.	Canette en aluminium	50 N +	Aucune modification
Compression Test C	Éponge de cuisine	20 N	L'éponge se déforme temporairement, mais conserve sa forme.	Grosses guimauves	10 N	Les guimauves s'aplatissent, généralement de façon permanente.

Discussion :

Discutez avec les élèves des résultats obtenus lors des tests simplifiés de tension et de compression. Leurs prévisions se sont-elles avérées exactes? Quelles ont été les surprises? Par exemple, ont-ils été étonnés de voir que l'assiette en mousse de polystyrène avait cédé avant l'assiette en papier? Les élèves ont peut-être été surpris de découvrir que la réglisse était une matière très résistante, ou que la bouteille d'eau ne supportait pas autant de force que la canette en métal.

Si l'on compare des objets semblables constitués d'un matériau différent, lesquels résistent le mieux à la tension et à la compression? Si les élèves organisaient un pique-nique, achèteraient-ils des assiettes en papier ou en mousse de polystyrène? Quels types d'assiettes se procureraient-ils pour le dessert? Quel type de bonbon serait plus facile à croquer pour leurs dents et leurs mâchoires?

Discutez des observations des élèves quant à la manière dont les matériaux cèdent ou se déforment (brisure/pli). Durant le test de tension, les élèves ont peut-être observé que l'assiette en mousse de polystyrène s'est brisée, tandis que le sac en plastique s'est lentement déformé. Pendant le test de compression, la bouteille en plastique et le gobelet se sont « fripés » et sont restés déformés. Par contre, l'éponge était élastique : une fois que l'on enlevait la masse, elle reprenait sa forme originale.

Activités supplémentaires :

Demandez aux élèves d'apporter en classe différents articles domestiques de tailles semblables afin de les tester et de les comparer (p. ex., différents types de cartons/cartons pour boîtes, une craie comparativement à un crayon, du nylon comparativement à un bas, etc.).

Le saviez-vous?

Les Romains de l'Antiquité étaient de très bons ingénieurs!

Les Romains de l'Antiquité ont conçu des structures solides et durables (p. ex., ponts, aqueducs, routes, etc.) que l'on peut encore voir de nos jours. Ils ont mis au point le béton, un matériau composite très résistant constitué de calcaire et de roches. Les ingénieurs romains y ajoutaient aussi de la cendre volcanique afin d'accélérer le durcissement du béton et de le rendre imperméable, de telle sorte qu'on pouvait l'utiliser sous l'eau!

Nom :

Coup d'œil sur les forces intérieures

Test de tension

Matériel	Prédiction (✓ ou ✗)	Force exercée au point de défaillance (N)	Modifications physiques	Matériel	Prédiction (✓ ou ✗)	Force exercée au point de défaillance (N)	Modifications physiques
Assiette en mousse de polystyrène				Assiette en papier			
Sac en papier avec poignée				Sac en plastique avec poignée			
Réglisse				Ver en gélatine			

Nom : _____

Coup d'œil sur les forces intérieures

Test de compression

Matériel	Prédiction (✓ ou ✗)	Force exercée au point de défaillance (N)	Modifications physiques	Matériel	Prédiction (✓ ou ✗)	Force exercée au point de défaillance (N)	Modifications physiques
Gobelet en papier				Gobelet en plastique			
Bouteille d'eau en plastique				Canette en aluminium			
Éponge de cuisine				Grosses guimauves			



Activité 3

Durée : 60-90 minutes

Autres applications :

Mathématiques, arts, langue

Termes clés : triangulation, tension, compression, forces

Taille du groupe : 4-6 élèves par groupe

Matériel (par groupe) :

30 pailles non flexibles d'une même couleur (couleur A)

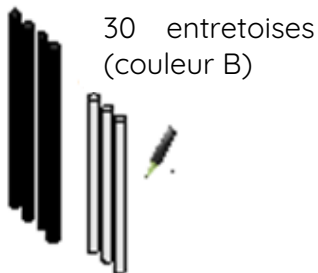
35 pailles non flexibles d'une autre couleur (couleur B)

31 cure-pipes

ruban à mesurer ou règle

ciseaux

35 entretoises
(couleur A)



30 entretoises
(couleur B)



10 connecteurs à 4 branches



6 connecteurs à 5 branches



10 connecteurs à 6 branches

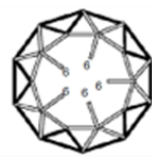
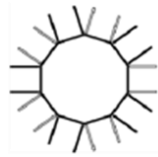
Construisez votre propre dôme!

Objectif d'apprentissage : Les élèves construiront un dôme géodésique et découvriront à quel point le triangle est une structure résistante.

Le dôme est l'une des structures les plus résistantes. Par nature, il possède une forme recourbée. De plus, il ne présente aucun angle ni coin, et ne nécessite aucune colonne de soutien. De nombreuses civilisations anciennes ont érigé des bâtiments recouverts d'un dôme. L'un des plus connus est le Panthéon romain. Construit en 100 après J.-C. et toujours debout, ce bâtiment possède l'un des plus grands dômes en béton non armé au monde. Bon nombre de ces anciens dômes en pierre ont été construits sur des arches. Toutefois, les ingénieurs ont réalisé qu'une telle structure était trop lourde. Le triangle est le seul polygone qui conserve sa forme. L'utilisation des triangles permet donc de préserver la stabilité d'une structure. Au cours des années 1950, le dôme géodésique a été conçu à partir de triangles constitués de matériaux légers.

Méthode :

1. Remettez à chaque groupe d'élèves un nombre suffisant de pailles, de cure-pipes, de règles et de ciseaux. Les pailles représentent les entretoises de la structure et les cure-pipes constituent les connecteurs. Suggérez aux élèves de répartir les différentes tâches entre les membres de chaque groupe (p. ex., mesurer les pailles, couper, classer et construire les connecteurs, etc.)
2. Coupez 35 pailles de couleur A (longueur de 18,5 cm).
3. Coupez 30 pailles de couleur B (longueur de 16,4 cm).
4. Coupez chacun des 31 cure-pipes (qui mesurent au départ 30 cm de long) en 2 morceaux de 12 cm (pour chaque cure-pipe, vous aurez un morceau restant de 6 cm. Conservez-les!).
5. Entortillez par le centre 2 morceaux de cure-pipes de 12 cm afin de créer un connecteur à 4 branches. Répétez le tout afin de fabriquer 10 connecteurs à 4 branches.
6. Entortillez par le centre 2 morceaux de cure-pipes de 12 cm afin de créer un connecteur à 4 branches. Puis, ajoutez au centre un morceau restant de 6 cm afin de créer un connecteur à 5 branches. Répétez le tout afin de fabriquer 6 connecteurs à 5 branches.
7. Entortillez par le centre 3 morceaux de cure-pipes de 12 cm afin de créer un connecteur à 6 branches. Répétez le tout afin de fabriquer 10 connecteurs à 6 branches.



8. Créez la base du dôme en utilisant les 10 connecteurs à 4 branches pour relier 10 pailles de couleur A. Une fois cette étape terminée, il devrait rester 2 branches libres pour chaque connecteur que vous fixerez au prochain niveau du dôme.
9. En commençant par un seul connecteur à 4 branches, mettez en place une paille de couleur A à l'une des branches libres du connecteur. Puis, fixez une paille de couleur B à la branche restante de ce connecteur. Passez ensuite au connecteur suivant et fixez une paille de couleur B, puis une paille de couleur A. Répétez cette séquence (AB, BA, AB, BA, etc.) jusqu'à ce que toutes les branches des connecteurs de la base soient dotées d'une paille.
10. En vous servant d'un connecteur à 5 branches, reliez deux pailles adjacentes de couleur A afin de former un triangle. Répétez cette étape pour 4 autres séries de pailles de couleur A et de connecteurs à 5 branches. En vous servant d'un connecteur à 6 branches, reliez deux pailles adjacentes de couleur B afin de former un triangle. Répétez cette étape pour 4 autres séries de pailles de couleur B et de connecteurs à 6 branches.
11. En vous servant des 2 branches de chaque connecteur, mettez en place 10 pailles de couleur B afin de relier les triangles. Une fois cette étape terminée, il devrait rester 1 branche libre au-dessus des triangles A-A et 2 branches libres au-dessus des triangles B-B pour chaque connecteur. Ces branches libres seront fixées au prochain niveau du dôme.
12. Ajoutez 5 pailles de couleur B aux connecteurs où il y a seulement 1 branche de libre (les triangles AA). À l'autre extrémité de ces pailles, ajoutez 5 connecteurs à 6 branches, ce qui laissera 5 branches libres pour chaque connecteur.
13. Mettez en place 2 pailles de couleur A aux connecteurs qui ont 2 branches libres (les triangles B-B) et utilisez un connecteur à 6 branches afin de fixer l'autre extrémité. Répétez cette étape pour 4 autres séries de 2 pailles de couleur A, de manière à obtenir la forme d'une étoile.
14. Mettez en place 5 pailles de couleur A sur les connecteurs, ce qui laissera 1 branche libre sur le connecteur à 6 branches. Cette étape permettra de créer une forme de pentagone au sommet du dôme.
15. Terminez le dôme en plaçant 5 pailles de couleur B sur les branches du connecteur et en fermant la partie supérieure de la structure à l'aide du dernier connecteur à 5 branches.

Discussion

Vous trouverez ci-dessous quelques suggestions de sujets de discussion concernant la construction des dômes ou des recherches additionnelles.

- Les élèves ont-ils attribué des tâches à chaque membre du groupe?
- Les élèves ont-ils éprouvé des difficultés pendant cette activité (p. ex., pour effectuer des mesures ou pour suivre les directives)?
- À quels endroits les élèves ont-ils déjà vu des dômes? Parmi les exemples mentionnés, on peut retrouver le centre Epcot à Disney, le cinésphère IMAX à la Place de l'Ontario, ainsi que certaines structures présentes dans des terrains de jeux qui sont des structures à dômes géodésiques. Les dômes sont utilisés depuis l'Antiquité. Bon nombre de ces structures sont encore debout (p. ex., le Panthéon à Rome).
- Quelles sont les propriétés uniques des dômes? Les dômes n'ont pas de coins : ils sont ronds ou sphériques.
- Qu'est-ce qui rend les dômes si résistants et efficaces? Les dômes sont résistants. De plus, ils utilisent moins de matériaux, ce qui réduit d'autant les coûts de construction. Les dômes possèdent 30 % moins de superficie que les bâtiments rectangulaires ordinaires; ils nécessitent donc moins de chauffage et de climatisation.
- Qu'est-ce qu'un dôme géodésique? Quelle forme retrouve-t-on dans la structure des dômes géodésiques qui offre un solide soutien? Le dôme est constitué de nombreux triangles. Ces éléments triangulaires répartissent le stress dans la structure et la rendent plus rigide.
- Quelles sont les forces intérieures et extérieures qui affectent les structures? La gravité, le vent et la neige. Imaginez ces éléments exercer leurs forces sur le dôme. Qu'arriverait-il à la structure du dôme comparativement à la structure rectangulaire? La forme sphérique du dôme le rend résistant aux ouragans; en effet, le dôme ne possède aucun coin pouvant causer la turbulence de l'air.
- Quelle est la différence entre les matériaux utilisés dans les dômes aujourd'hui et ceux utilisés dans les anciens dômes? Les anciens dômes étaient fabriqués de matériaux comme la pierre, le béton et le bois. Les dômes géodésiques modernes peuvent être constitués d'aluminium, de bois, de verre et de plastique.
- Pourquoi n'utilise-t-on pas plus de dômes aujourd'hui? En fait, les dômes sont des structures compliquées à construire qui entraînent des coûts élevés. Il est difficile de rendre un dôme imperméable à l'eau. Sur le plan logistique, il est difficile de créer des pièces dans une structure incurvée.

Activités supplémentaires :

1. Vous trouverez ci-dessous d'autres options en ce qui concerne la création de dômes. Les projets dépendent de la taille du groupe et des matériaux disponibles.
 - a. Pour des groupes de 2 à 3 élèves, il est possible de créer avec des cure-pipes et des pailles un dôme géodésique de plus petite taille. La taille finale du dôme sera de 25 cm. Pour cette structure, veuillez suivre les instructions qui suivent. Coupez les pailles de couleur A à une longueur finale de 6,2 cm. Coupez les pailles de couleur B à une longueur finale de 5,5 cm. Coupez les morceaux de cure-pipes à utiliser dans la fabrication des connecteurs à une longueur de 4 cm (de telle sorte que chaque branche soit longue d'environ 2 cm).
 - b. La classe en entier peut créer un grand dôme géodésique à partir de papier journal et de magazines, d'agrafes et de ruban masqué. Les entretoises seront créées en roulant du papier journal que l'on reliera à l'aide de ruban masqué (au lieu de connecteurs). La taille finale du dôme sera d'environ 200 cm. Pour en savoir plus long, veuillez consulter le site Web suivant : http://www.pbs.org/wgbh/buildingbig/educator/act_geodesic_ho.html.
2. Comparez la résistance d'un dôme géodésique à celle d'un cube. Construisez un cube de 12 cm x 12 cm x 12 cm à l'aide de pailles et de connecteurs à 3 branches faits avec des cure-pipes. Vous pouvez solidifier les joints du dôme géodésique et du cube en utilisant soit du ruban-masque ou de la colle. Placez des poids (des magazines ou des masses [p. ex., 2 rondelles de hockey ou environ 320 g]) sur un morceau de carton posé au sommet de la structure. Comparez quel poids peuvent supporter les structures et déterminez l'état de la structure après le retrait de la masse. En principe, le dôme géodésique devrait supporter le poids, tandis que le cube devrait s'être déformé. Comment le cube peut-il être renforcé? Si le cube est constitué de connecteurs à 4 branches, vous pourriez rajouter une branche supplémentaire, ce qui permettrait de créer...des triangles!



Dôme géodésique à effet de serre
Source: Ceridwen, Wikimedia Commons



Biosphère, musée de l'environnement
Source: Jeangagnon, Wikimedia Commons

Activité 4

Durée : 60-90 minutes

Autres applications : Études sociales, mathématiques, langue

Termes clés : Systèmes mécaniques, traîneau, plan incliné, charge, gravité

Taille du groupe : Petits groupes (2-4 élèves)

Matériel (par groupe) :
1 exemplaire par élève de la feuille de données
« Construisons des pyramides! » (inclus)

5 crayons

argile (bloc de 500 g)

balance à ressort/dynamomètre (5 newtons)

ficelle en coton, en sisal ou en fibres synthétiques à usage domestique qui servira de corde

feuilles de papier sablé (grain de 40 à 120)

morceau de carton de 20 cm x 20 cm

livres (hauteur d'au moins 10 cm)

rapporteur d'angle

règle

Construisons des pyramides!

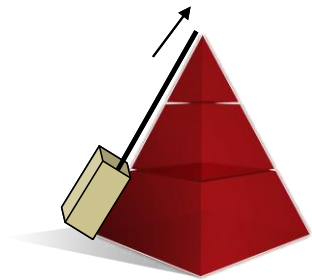
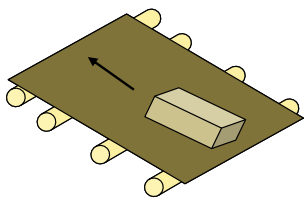
Objectif d'apprentissage : Les élèves apprendront comment les systèmes mécaniques peuvent aider à réduire la quantité de force requise pour effectuer un travail. Pour ce faire, ils devront se mettre dans la peau des constructeurs de pyramides en Égypte. Il leur faudra comparer le travail requis pour construire à la main une telle structure comparativement au travail nécessaire lors de l'utilisation de différents systèmes mécaniques (p. ex., roues et plan incliné).

Parmi les machines simples que les Égyptiens pourraient avoir utilisées pour déplacer des gros blocs de pierres et construire des pyramides, on retrouve les suivantes :

- des traîneaux avec des rouleaux (c'est-à-dire des traîneaux circulant sur des rouleaux disposés sous ceux-ci) qui aideraient à réduire la force nécessaire pour transporter les pierres jusqu'au chantier de construction;
- des plans inclinés qui diminueraient la force requise pour soulever les pierres jusqu'aux niveaux supérieurs.

Méthode

- Remettez des exemplaires de la feuille de données « Construisons des pyramides! ».
- Examinez la manière de calculer le travail et les diverses machines simples utilisées pour réduire le travail requis. Tenez un vote afin de prédire quel type de machine simple réduira le plus ou le moins la charge de travail.
- Fournissez à chacun des groupes un bloc d'argile séché de 500 g qui simulera une pierre utilisée pour la construction des pyramides. Remettez à chaque groupe une corde suffisamment longue pour qu'on puisse l'enrouler autour de la « pierre ».
- Attachez la corde autour d'une balance à ressort/d'un dynamomètre. Mesurez et notez la force requise pour tirer la « pierre » sur 10 cm de papier sablé (afin de simuler le désert en Égypte).
- Demandez aux élèves de créer une machine simple qui permettra de déplacer la pierre dans le désert. L'une des options possibles consiste à construire un traîneau à l'aide de crayons et d'un morceau de carton. Aidez les élèves au besoin en suggérant qu'un traîneau pourrait être fabriqué en mettant 5 crayons sur le bureau (afin de simuler des rouleaux) et en plaçant un morceau de carton par-dessus. Assurez-vous que les crayons soient placés à intervalles réguliers sous le carton.



Attachez la balance à ressort/le dynamomètre à la « pierre » et placez celle-ci sur le carton. Mesurez et notez la force nécessaire pour tirer la « pierre » sur une distance de 10 cm à l'aide de rouleaux/roues. Calculez la charge de travail requise pour déplacer la pierre avec et sans machine simple.

6. Après avoir attaché la pierre à la balance à ressort/au dynamomètre, mesurez et notez la force requise pour soulever la pierre à une hauteur de 10 cm.
7. Demandez aux élèves de créer une machine simple qui permettra de soulever la pierre jusqu'au sommet de la pyramide. Pour ce faire, ils devront utiliser des livres et un morceau de carton. L'une des options possibles consiste à empiler des livres jusqu'à une hauteur de 10 cm, puis à adosser sur cette pile de livres un morceau de carton afin de former un plan incliné. Ajustez le plan incliné en utilisant le rapporteur d'angles : afin d'imiter les Grandes Pyramides, l'angle du plan doit être de 51 degrés. Déposez la « pierre » au bas du plan incliné et mesurez la force requise pour tirer la pierre jusqu'à une hauteur de 10 cm. De plus, mesurez et notez la distance que la « pierre » doit parcourir pour atteindre la hauteur requise. Calculez la charge de travail nécessaire pour déplacer la pierre avec et sans machine simple.

Observations :

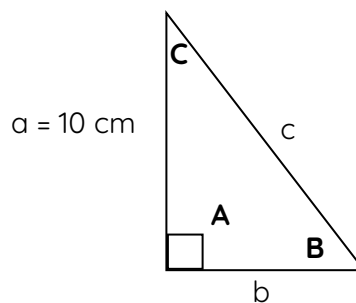
Vous trouverez dans le tableau suivant des exemples de mesures et de calculs.

	Force (N)	X	Distance parcourue (m)	=	Travail effectué (N·m) ou (J)
Déplacer la « pierre » dans le désert	3,5 N	X	0,1	=	0,35 J
Déplacer la « pierre » dans le désert sur un traîneau à rouleaux	0,5 N	x	0,1 m	=	0,05 J
Soulever la « pierre »	5,0 N	X	0,1	=	0,5 J
Soulever la « pierre » à l'aide d'un plan incliné	4 N	x	0,129 m	=	0,516 J

Discussion :

Discutez avec les élèves de leurs observations et calculs. Les questions suivantes peuvent vous aider à mener la discussion :

- Dans quelle mesure le travail est-il lié à la force nécessaire pour déplacer la pierre sur une distance donnée? Le travail est la quantité de force requise pour déplacer la « pierre » sur une certaine distance. $T = F \times d$
- Est-ce que les machines simples réduisent la charge de travail nécessaire pour déplacer la « pierre ». Si oui, de quelle façon nous aident-elles? Le traîneau aide à réduire la force requise pour déplacer la pierre en réduisant la friction avec le sable et en utilisant des rouleaux pour faciliter le déplacement de la pierre.
- Pourquoi utiliser un plan incliné si la charge de travail n'est pas diminuée? En fait, le plan incliné aide à soulever la « pierre » en utilisant 2 forces moindres vers le haut et vers l'avant. La charge totale de travail est environ la même, mais la force requise pour déplacer la pierre est moindre du fait que le mouvement est réparti sur une plus longue distance.
- Si l'on ne peut pas mesurer la distance parcourue par la « pierre » sur un plan incliné pour atteindre une hauteur de 10 cm, y a-t-il une autre façon de calculer celle-ci? Les paramètres connus sont les suivants : $a = 10$ cm, $A = 90^\circ$ et $B = 51^\circ$. Le paramètre qu'il reste à déterminer est c = la distance parcourue par la « pierre » sur un plan incliné. Les élèves peuvent dessiner, puis mesurer ce triangle. En dessinant le triangle, il faut que $a = 10$ cm. Puis, les élèves devront calculer que l'angle de $C = 90^\circ - 51^\circ = 39^\circ$. Une fois que les élèves auront dessiné la ligne à un angle de 39° , ils pourront dessiner la base du triangle (b) à un angle de 90° de (a). À ce moment, la distance parcourue (c) pourra être mesurée.



Le saviez-vous?

Des produits combinés, c'est encore mieux!

Le premier matériau composite (c'est-à-dire constitué de deux matériaux ou plus afin d'obtenir un meilleur matériau final) a été fabriqué en 1 500 av. J.-C. par les Égyptiens. Ils ont associé de la boue et de la paille, ce qui a donné un matériau appelé « adobe ». Ce matériau était beaucoup plus résistant que la boue employée seule. De nos jours, on emploie constamment des matériaux composites dans la construction : par exemple, le béton armé, qui est constitué de béton et d'acier, et le contre-plaqué, qui est fait de plaques de fibres de bois collées dans différentes directions.

Nom : _____

Construisons des pyramides!

	Force (N)	X	Distance parcourue (m)	=	Travail effectué (N·m) ou (J)
Déplacer la « pierre » dans le désert		X	0,1	=	
Déplacer la « pierre » dans le désert sur un traîneau à rouleaux		X	0,1	=	
Soulever la « pierre »		X		=	
Soulever la « pierre » à l'aide d'un plan incliné		X		=	

Exemple de calcul pour le travail :

$$\text{Travail} = \text{Force} \times \text{Distance}$$

ou

$$T = F \times d \text{ (mesuré en newtons-mètres [N·m] ou en joules [J]).}$$

S'il faut 5 N de force pour soulever une pierre sur 10 cm, par conséquent :

$$T = 5 \times 0,1 \text{ m} = 0,5 \text{ J}$$



Activité 5

Durée : 60-90 minutes

Autres applications : Arts, études sociales, langue

Termes clés : Charge, forces extérieures, environnement, gravité

Taille du groupe : Deux par deux

Matériel :

1 exemplaire par élève de la feuille de données « Fais ce que les Romains font... ou ne font pas! »

Matériel requis pour l'ancien aqueduc (par groupe) :

2 blocs d'argile (2x500 g)

2-4 gobelets en plastique

1 morceau de carton de 50 cm x 100 cm (pour la base)

outil pour couper l'argile (p. ex., une règle ou un couteau en plastique)

Matériel requis pour l'aqueduc moderne (par groupe) :

tubes en plastique transparent de 40 – 80 cm (diamètre de 1 à 1,5 po)

entonnoir

morceaux de carton à découper ou à plier à différentes hauteurs afin de représenter les colonnes de soutien

rouleaux de papier essuie-tout ou de papier hygiénique pour

Fais ce que les Romains font... ou ne font pas!

Objectif d'apprentissage : Les élèves construiront et compareront des systèmes d'aqueduc anciens et modernes.

Un aqueduc, ou plus précisément un pont-aqueduc dans le cas présent, est un pont qui permet de transporter de l'eau en enjambant un obstacle. Les Romains ont perfectionné la construction des aqueducs qui acheminaient l'eau dans leurs cités. Ils ont créé des aqueducs à l'aide de différents matériaux (maçonnerie ou béton). De plus, ils ont utilisé la force de la gravité et les arches pour transporter l'eau douce provenant des montagnes. Aujourd'hui, on utilise des systèmes d'aqueduc semblables; toutefois, les matériaux et la conception sont différents.

Méthode

1. Divisez la classe en deux groupes. Le premier groupe construira un modèle d'ancien aqueduc romain, tandis que le deuxième groupe construira un modèle d'aqueduc moderne.
2. Remettez des exemplaires de la feuille de données « Fais ce que les Romains font... ou ne font pas! » (1 copie par élève). Ensuite, demandez aux élèves de travailler deux par deux. Ils devront faire un peu de recherche et étudier comment sont fabriqués les aqueducs, les matériaux utilisés, ainsi que le ou les concepts architecturaux à la base de ces structures. Les élèves devront remplir la feuille de données et dessiner un plan de leur aqueduc.
3. Distribuez aux élèves du groupe qui construit un ancien aqueduc romain 2 blocs d'argile (500 g chacun), des outils pour couper l'argile, un morceau de carton pour la construction et de petits gobelets qui représenteront les colonnes de soutien.
4. Distribuez aux élèves du groupe qui construit un aqueduc moderne des tubes en plastique, un entonnoir (pour la partie supérieure du réseau de tubes), des gobelets, un morceau de carton pour la construction, des ciseaux et du ruban-masque.
5. À titre de tâche facultative, vous pouvez aussi inviter les élèves à créer un aqueduc qui traversera une montagne. Remettez aux élèves une boîte à chaussures qui représentera la montagne. À l'aide de rouleaux de papier essuie-tout ou de papier hygiénique, créez des tunnels qui passeront au travers de la boîte. Reliez les aqueducs aux tunnels afin de vous assurer que les deux extrémités sont accessibles.

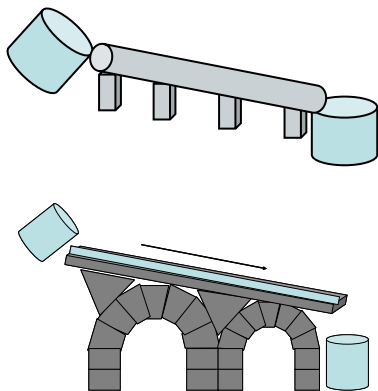
soutenir les tubes (les élèves pourront découper des entailles dans ceux-ci)

1 morceau de carton de 50 cm x 100 cm (pour la base)

ruban-masque et ciseaux

Matériel requis pour les tests :
2 gobelets vides en plastique

Eau



6. Vérifiez les activités de chaque groupe afin de vous assurer que les aqueducs permettront à l'eau de s'écouler sous l'action de la gravité. Au besoin, demandez aux élèves d'apporter les ajustements nécessaires pour s'assurer que les aqueducs soient fonctionnels avant qu'ils soient mis à l'essai.
7. Laissez les aqueducs sécher pendant une nuit complète.
8. La journée suivante, demandez aux élèves de tester leurs aqueducs. Prenez un petit gobelet et placez-le sous l'extrémité inférieure de l'aqueduc.
9. Remplissez d'eau un autre gobelet et mettez à l'essai les aqueducs des élèves. Pour ce faire, versez lentement l'eau à partir de l'extrémité supérieure du réseau. Assurez-vous que l'eau s'écoule dans l'autre gobelet situé au bout de la partie inférieure de l'aqueduc. Est-ce que le volume total d'eau s'est écoulé jusqu'en bas? Comment peut-on qualifier le débit d'eau : est-il rapide ou lent? Comment pourrait-on améliorer la conception de l'aqueduc?
10. Remplissez la feuille de données. Demandez à chaque groupe ou au moins à un groupe de construction de l'aqueduc ancien et à un groupe de construction de l'aqueduc moderne de présenter leurs résultats.

Discussion :

Discutez du mode de fonctionnement des aqueducs et de la force qui permet à l'eau de s'écouler. Dans l'Antiquité, on construisait des aqueducs pour transporter l'eau des montagnes jusque dans les villes. Pour ce faire, on faisait appel à la force de gravité. Comment les aqueducs pouvaient-ils traverser les montagnes? Les hommes de l'Antiquité utilisaient un autre type important de structure : les tunnels.

Quels matériaux les Romains utilisaient-ils pour construire des aqueducs? Ils se servaient de béton, de maçonnerie et de briques afin d'élever des arches. À quoi ressemblent les aqueducs modernes aujourd'hui? De nos jours, les aqueducs sont construits avec des canalisations faites en acier. Dans quelle mesure les aqueducs modernes sont-ils semblables ou différents des anciens aqueducs romains? Ils sont similaires dans la mesure où tous deux font appel à la gravité pour déplacer l'eau et à des tunnels pour traverser des montagnes. Le plus grand aqueduc au monde est l'aqueduc de Thirlmere. Construit entre 1890 et 1925, cet aqueduc du nord-ouest de l'Angleterre est d'une longueur de 155 km. Il est constitué de tuyaux, de cours d'eau, de tunnels, de barrages et d'aqueducs.

Activités supplémentaires :

À titre d'activité artistique supplémentaire, demandez aux élèves de décorer leur création d'un décor représentant une ancienne civilisation (p. ex., maisons construites en briques séchées au soleil, arbres, routes en pierres, etc.) ou notre époque contemporaine (p. ex., des gratte-ciels, des bâtiments et des voitures, etc.).

Nom : _____

Fais ce que les Romains font... ou ne font pas!

Votre aqueduc (encerclez la réponse appropriée) :

Ancien

Moderne

Notes de recherche	
Pourquoi construire des aqueducs?	
Quels matériaux utilise-t-on pour construire un aqueduc?	
Quels sont certains des facteurs à prendre en considération lors de la conception d'un aqueduc?	
Faites un croquis de votre aqueduc.	
Mettez votre concept à l'essai. Que s'est-il produit? Suggestions à des fins d'amélioration	

Documentation pour l'enseignant et les élèves

Livres

Les forces, c'est quoi? Adrienne Mason, traduction de Marie-Josée Brière. 2005. Scholastic. ISBN 0439953073

Forces: projets et expériences sur les forces et les machines. Steve Parker. 2006. Broquet. ISBN 2890007510

Tours de force! La physique comme un jeu. Tom Adams, traduction de Frédérique Fraisse. 2012. Quatre fleuves. ISBN 9782841968701

Forces et mouvement. John Graham, traduction de Véronique Bureau. 2013. Broquet. ISBN 9782896543601

Sites Web et vidéos

<https://enclasse.telequebec.tv/contenu/les-forces-et-les-mouvements/1878>
Compte requis (gratuit.)

<https://www.youtube.com/watch?v=i5e9SfY6-Zw>
Structure et séisme : l'influence de l'hauteur.

<https://www.youtube.com/watch?v=81usZRYr0Ss>
Nik Wallenda franchit une corde raide au-dessus d'un volcan (audio en anglais.)

<https://www.youtube.com/watch?v=DTXN-dYd97M>
Les forces

Le saviez-vous?

La gravité est partout!

En raison de sa masse, le Soleil réussit à maintenir les planètes en orbite par la gravité. La gravité diminue avec la distance. Heureusement, sinon nous serions attirés par le Soleil plutôt que par la Terre! Si les astronautes se sentent en état d'apesanteur dans l'espace, c'est seulement parce qu'ils tombent lentement vers la Terre à la même vitesse que leur vaisseau spatial et qu'ils n'éprouvent aucune poussée contre leurs corps.

Nos partenaires dans l'enseignement des STIM

Grâce au soutien de nos donateurs qui proviennent tout autant des milieux d'affaires que des secteurs communautaires et gouvernementaux, sans oublier les dons d'individus, notre organisme de bienfaisance de premier plan a rejoint, depuis 1989, plus de 11 millions de scientifiques en herbe! Le soutien financier de ces partenaires nous permet d'élaborer et de mettre à jour des programmes et des troupes thématiques. Il nous aide également à subventionner le coût de chaque atelier et à offrir gratuitement au moins 10 % de nos présentations aux écoles desservant les communautés marginalisées. Enfin, cet appui nous permet de mettre en place l'infrastructure qui assurera des expériences pertinentes et de grande qualité aux élèves, et ce, quel que soit leur lieu de résidence au Canada.

Niveau de catalyseur

CRSNG (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada)* | Drax Foundation* |
Ministère de l'Éducation de l'Ontario

Niveau d'innovation

Calgary Foundation | Fondation John and Deborah Harris Family* | La Société de gestion des déchets nucléaires* |
MilliporeSigma* | Ontario Power Generation*

Niveau d'imagination

AMD Canada* | Anonymous Donor | ATB Financial* | Fondation communautaire des Postes Canada |
Fondation TD des amis de l'environnement* | G. Murray and Edna Forbes Foundation Fund, South Saskatchewan Community
Foundation* | Le Fonds pour l'égalité des genres - Gouvernement du Canada | Rio Tinto - IOC | SC Johnson*

Niveau découverte

Access Communications | Apotex Inc. | AWS InCommunities Calgary Fund* | Brant Community Foundation* |
City of Brantford* | Edith H. Turner Foundation Fund, Hamilton Community Foundation* | Electrical Safety Authority* |
Elementary Teachers Federation of Ontario | ENWIN Utilities | Finning Canada | Fondation communautaire d'Ottawa* |
Fondation Nissan Canada* | General Motors* | Gerdau Whitby Mill* | Gore Mutual Insurance Company* |
Hunter Family Foundation* | Innisfil Community Foundation* | J. P. Bickell Foundation | Northwestern Alberta Foundation* |
S.M. Blair Family Foundation* | Syngenta Canada Inc.* | TC Énergie* | TELUS and TELUS Friendly Future Foundation* |
The Arthur & Audrey Cutten Foundation* | The Pendle Fund at the Community Foundation of Mississauga |
The Saint John's Legacy Foundation* | Town of Ajax Partnership Fund* |
Town of Whitby, Mayor's Community Development Fund*

Niveau d'exploration

Bowmanville Rotary Club* | Brampton and Caledon Community Foundation* | Cajole Inn Fund - Ottawa Community Foundation* |
Canton de Tiny* | Carleton North Community Foundation | Centre Wellington Community Foundation* | CFUW Owen Sound and
Area* | CFUW St. John's* | City of Hamilton - City Enrichment Fund | Club Progrès du Canada* | Community Foundation for
Lennox & Addington | Deep River & District Community Foundation* | Durham Community Foundation* | Dwight and Karen
Brown Family Fund - Fondation communautaire d'Ottawa* | Ecclesiastical Insurance - Movement for Good | Epson Canada Inc. |
GrandBridge Energy | Guelph Community Foundation | Huronia Community Foundation - LabX Charity Fund, Lynda Zuidema
Endowment Fund, and Tom and Lucille Gay Memorial Endowment Fund* | Leanne Children's Foundation | Magna International
PUC Inc. | RAE0 | Robert Half Canada Inc.* | Rotary Club of Bolton* | Rotary Club of Brampton | Superior Glove Works* |
The Smart and Caring Children and Youth Fund at the Mississauga Foundation* | Town of Orangeville |
Unifor Social Justice Fund | Waterloo Region Community Foundation - The Woolwich Community Fund |
Weyerhaeuser Giving Fund - Kenora*

Nous sommes également reconnaissants envers Macdonald & Company LLP, McMillan LLP, MLT Aikins LLP,
Stewart McKelvey, et Taylor McCaffrey LLP pour avoir fourni à Scientifiques à l'école un appui non financier.

**Un merci spécial à nos partenaires pluriannuels.*