

11.4

La construction de structures solides : les poutres à treillis, les arches et les dômes

Durée

45–60 min

À voir

Les poutres simples, les poutres à treillis, les arches et les dômes sont utilisés pour aider les structures à supporter des charges.

La démarche scientifique permet d'étudier les facteurs qui influent sur la capacité d'une structure à supporter une charge.

Le processus de résolution de problèmes technologiques est utile pour déterminer le meilleur moyen pour une structure de supporter une charge.

Vocabulaire

- poutre à treillis
- arche
- dôme

Habilités

Exécuter
Observer
Analyser
Communiquer

Matériel à prévoir

(pour chaque équipe)

- 11 à 15 bandes de carton rigide de dimensions égales ou 11 à 15 bâtonnets à café percés d'un petit trou à chaque extrémité
- attaches parisiennes
- ficelle

Ressources pédagogiques

DR 11.4-1 : Révision des structures et des supports
Grille d'évaluation 1 : Connaissance et compréhension
BO 4 : La résolution de problèmes technologiques
Site Web de sciences et technologie, 7^e année : www.duvaleducation.com/sciences

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 (ampleur, direction, point et plan d'application) qui ont un impact sur une structure.

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

- Concevoir et construire une structure et utiliser ce modèle pour examiner l'effet de l'application de différentes forces sur celle-ci.
- Explorer les facteurs qui déterminent la capacité d'une structure à supporter une charge.
- Utiliser les termes justes (incluant le mot *poutre à treillis*) pour décrire ses activités d'expérimentation, de recherche, d'exploration et d'observation.
- Communiquer oralement et par écrit en se servant d'aides visuelles dans le but d'expliquer les méthodes utilisées et les résultats obtenus lors de ses expérimentations, ses recherches, ses explorations ou ses observations.

CONTEXTE SCIENTIFIQUE

Les types d'arches

- Depuis la plus haute antiquité, l'arche est un élément important en architecture. Le type d'arche le plus simple est le demi-cercle. Une arche peut également être élancée à son sommet. C'est le cas de l'arche en ogive, un type d'arche élancée et pointue qui était très populaire à l'époque de l'architecture gothique (du 12^e au 16^e siècle). L'arche en accolade est souvent surbaissée et arrondie, mais pointue à son sommet. La voûte en chaînette, un autre type d'arche, a la forme d'une chaînette inversée (un fil suspendu par ses deux extrémités).

Les dômes géodésiques

- Les poutres à treillis et les dômes permettent de distribuer les forces de manière à les rediriger vers le bas, ce qui offre la possibilité de couvrir de grands espaces.
- Un dôme géodésique consiste en un assemblage de triangles. Le réseau de triangles donne au dôme une forme plus ou moins sphérique. Le dôme géodésique a été inventé au cours des années 1940 par Buckminster Fuller. Fuller

a étudié l'interaction entre deux formes géométriques fondamentales, la sphère et le triangle, et a cherché à les combiner pour obtenir la forme structurelle la plus efficace et la plus résistante possible. La sphère est la forme structurelle qui offre le plus grand volume d'espace pour une surface donnée. Le motif répétitif de triangles imbriqués confère une grande résistance à la structure. Plusieurs dômes géodésiques ont fait la preuve de leur extrême solidité, en résistant à des tremblements de terre et des ouragans violents.

- Le concept de dôme géodésique a donné naissance à l'idée de la sphère géodésique. La célèbre attraction du parc Epcot de Disneyworld, le *Spaceship Earth*, en est un exemple.

Les igloos

- Dans les régions nordiques du Canada, les populations inuites ont longtemps habité dans des abris en forme de dôme, les igloos. Ces habitations étaient construites en blocs de neige empilés pour former un dôme. Cette forme donne à l'igloo une grande stabilité.

NOTES PÉDAGOGIQUES

1 Stimuler la participation

- Avant leur lecture de cette section, révisez brièvement avec les élèves ce qui a été lu depuis le début de ce chapitre.
 - Pour qu'un objet soit stable, son centre de gravité doit être au-dessus de sa base de soutien.
 - Une poutre est une structure conçue pour supporter une charge. On peut modifier la forme d'une poutre pour en augmenter la résistance, comme dans le cas d'une poutre en I. On peut aussi accroître la résistance d'une structure en utilisant la technique d'ondulation, des barres d'armature ou des supports (attaches, contrevents ou goussets).
 - Un cantilever est une structure supportée à une seule de ses extrémités.

2 Explorer et expliquer

- Dites aux élèves d'effectuer l'activité **Sciences en action : Construire et tester des poutres à treillis**.

Ressource complémentaire

Site Web de sciences et technologie, 7^e année : www.duvaleducation.com/sciences

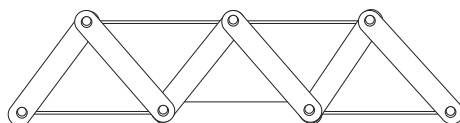
SCIENCES EN ACTION : CONSTRUIRE ET TESTER DES POUTRES À TREILLIS

Objectif

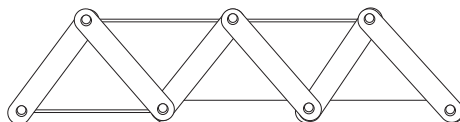
- Les élèves vont apprendre à construire des poutres à treillis et à tester leur résistance après avoir réduit leur masse.

À noter

- Quand les élèves remplacent les bâtonnets de bois ou les bandes de carton par des bouts de ficelle, assurez-vous que la ficelle est bien tendue entre les autres pièces de la structure.
- Exemple de schémas de poutre à treillis dont la masse a été réduite :
Étape 4 :



Étape 6 :



Suggestions de réponses

- A.** Le triangle est une forme de base qui permet d'obtenir une poutre à treillis solide.
- B.** On peut réduire la masse d'un pont tout en maintenant sa solidité en remplaçant certains éléments massifs (bâtonnets ou bandes de carton) par des éléments flexibles et légers (ficelle).

- Associez le contenu de cette section aux résultats obtenus par les élèves dans l'activité de la section 11.3. Demandez-leur :
 - *Quelle forme était la plus résistante?* (le triangle)
 - *Quelle forme est utilisée dans une poutre à treillis?* (le triangle)
- Attirez l'attention des élèves sur l'arche illustrée à la figure 6 du manuel.
 - Faites-leur remarquer que la charge supportée par la clé de voûte est une force exercée vers le bas. La clé de voûte agit comme un coin qui redirige la force vers les deux côtés. Les pierres voisines redirigent à leur tour la force vers l'extérieur. De pierre en pierre, la direction de la force est graduellement transmise jusqu'aux dernières pierres, qui la dirigent vers le bas.

Liens avec les études sociales

Les « longues maisons » construites par les tribus iroquoises avaient la forme d'une arche allongée. Encouragez les élèves à faire des recherches sur la construction de ces structures, ou de celles d'autres Premières Nations, et sur les avantages que présentait leur conception.

Activité de fin d'unité

Encouragez les élèves à réfléchir aux types de structures pour terrain de jeux pour lesquels il serait avantageux d'utiliser des poutres à treillis, des arches et des dômes.

Occasions d'évaluation

La Grille d'évaluation 1, « Connaissance et compréhension », peut vous aider à évaluer la compréhension des concepts, de même que le DR 11.4-1, « Révision des structures et des supports ».

- L'effet global d'une clé de voûte est de rediriger une force verticale vers les autres pierres de chaque côté de l'arche.
- Notez que les arches ne sont pas toujours faites de pierres taillées, et qu'elles n'ont donc pas toutes une clé de voûte. Il existe aussi des arches massives faites de différents matériaux (bois, fer, etc.). Le principe est toutefois le même : la force de compression est dirigée vers les côtés et vers le bas, et transférée aux structures qui supportent l'arche.
- Les élèves peuvent utiliser du papier de bricolage ou de la pâte à modeler pour fabriquer des modèles rudimentaires d'arches et de dômes.
- Attirez l'attention des élèves sur la figure 8 du manuel. Demandez-leur : *Que signifie la section bleue dans cette illustration ?* (C'est une surface plane imaginaire qui sert à montrer que, dans une arche, les forces ne sont pas dirigées vers l'avant ni vers l'arrière.)
- Dites aux élèves de comparer les figures 8 et 9 de leur manuel. Demandez-leur :
 - *Que nous indiquent les flèches dans la figure 9 ?* (Elles nous indiquent que, dans un dôme, les forces de compression suivent une courbe vers le bas et sont dirigées dans toutes les directions à partir du sommet du dôme.)

3 Approfondir et évaluer

- Révisez brièvement la leçon en demandant aux élèves de dessiner une poutre à treillis, une arche et un dôme.
- Les élèves peuvent compléter le DR 11.4-1, « Révision des structures et des supports », pour réviser les notions apprises dans ce chapitre.
- Dites aux élèves de répondre aux questions de la rubrique **Vérifie ta compréhension**.

VÉRIFIE TA COMPRÉHENSION – SUGGESTIONS DE RÉPONSES

1. Exemples de réponses : Les poutres à treillis procurent un meilleur support sans augmenter la masse de manière importante. Elles peuvent être pliées ou courbées sans perdre leur solidité. On les utilise dans plusieurs types de structures.
2. Exemples de réponse : Les pylônes, les ponts, les toits de maison et la Station spatiale internationale comportent tous des poutres à treillis.
3. Les arches et les dômes sont similaires, car ils ont une forme de demi-cercle inversé qui permet de diriger les forces vers le bas. Cependant, les arches dirigent les forces dans un seul plan d'application, tandis que les dômes les dirigent dans plusieurs plans d'application.
4. Dans une arche, la force de compression est dirigée dans un seul plan, alors que dans un dôme, elle est dirigée simultanément dans plusieurs plans.

Enseignement différencié

Outils +

- Si les élèves font difficilement la distinction entre une arche et un dôme, montrez-leur une forme d'arche découpée dans du papier de bricolage, et montrez-leur ensuite un bol à soupe inversé en forme de dôme.

Défis +

- Suggérez aux élèves de préparer un présentoir pour illustrer et expliquer la grande solidité des dômes et des sphères géodésiques. Dans leurs présentoirs, ils peuvent y montrer des dômes célèbres tels que le dôme triodétique du Bloedel Conservatory au Queen Elizabeth Park à Vancouver, ou la sphère géodésique *Spaceship Earth* du parc Epcot à Disneyworld, en Floride.

FLS

- Les mots qui ont plusieurs significations peuvent représenter un défi pour les élèves en FLS. Dans cette section, le mot *plan* désigne une surface bidimensionnelle. Les élèves sont peut-être plus habitués à sa définition de dessin ou de stratégie. Expliquez les significations différentes de ce mot au début de la section.

Info techno : Les nanotubes de carbone

- Assurez-vous que les élèves comprennent que la figure 1 n'est qu'un schéma qui illustre la forme hexagonale des nanotubes de carbone. Les sphères représentent les atomes de carbone. Les segments jaunes représentent les liens, ou les forces qui maintiennent la cohésion des atomes.
- Expliquez aux élèves que les nanotubes de carbone présentent des avantages évidents, mais que leur utilisation demeure limitée par l'état de la recherche et du développement. Il faudrait, par exemple, mieux contrôler le mouvement des nanotubes de carbone pour réussir à en tirer des applications fiables en électronique. Pour les utiliser dans les tissus, il faudrait trouver le moyen de les allonger de manière à pouvoir les tisser, tout en conservant leur résistance.

Vers la littérature

Synthétiser

- Expliquez aux élèves que les lectrices et les lecteurs qui font la synthèse de l'information présentée dans un texte acquièrent une meilleure compréhension du contenu du texte.
- Quand les élèves ont terminé la lecture de la section **Info techno**, demandez-leur de résumer ce qu'ils ont lu. (Les nanotubes de carbone sont faits d'une seule couche d'atomes de carbone disposés en forme d'hexagone. Ils sont beaucoup plus minces qu'un cheveu humain, mais aussi solides que l'acier. On les utilise dans les équipements sportifs, en médecine, dans les circuits électriques et les cellules solaires.)
- Demandez aux élèves de décrire un lien qu'ils ont pu établir. (Je sais que les toiles d'araignée sont très résistantes, même si leurs fils sont très minces, et cela ne me surprend pas d'apprendre que d'autres matériaux peuvent être extrêmement minces, mais très résistants.)
- Faites la démonstration de cette stratégie en aidant les élèves à répondre à ces questions :
 - Quelles conclusions pouvez-vous tirer après avoir lu ce texte sur les nanotubes de carbone?* (Il est écrit que les nanotubes de carbone ont un grand potentiel dans divers domaines, mais on ne dit pas si on les utilise déjà. J'en conclus qu'on ne les utilise pas encore.)
 - À quoi pourraient aussi servir les nanotubes?* (Si les nanotubes de carbone sont aussi résistants, on pourrait les placer dans d'autres matériaux comme on le fait avec les barres d'armature, pour en augmenter la résistance.)
 - Quelles sont les ressemblances et les différences entre les nanotubes et les autres technologies?* (Les nanotubes sont très petits, comme d'autres matériaux de haute technologie, mais leurs usages peuvent être différents.)

PROGRESSION DANS L'APPRENTISSAGE

Ce qu'il faut surveiller

Ce qui indique que les élèves peuvent...

- reconnaître une poutre à treillis et expliquer pourquoi on lui trouve plusieurs applications;
- faire un dessin annoté d'une arche et de sa clé de voûte (s'il y a lieu);
- reconnaître les similitudes et les différences entre une arche et un dôme;
- préciser la direction des forces de compression dans une arche et un dôme.