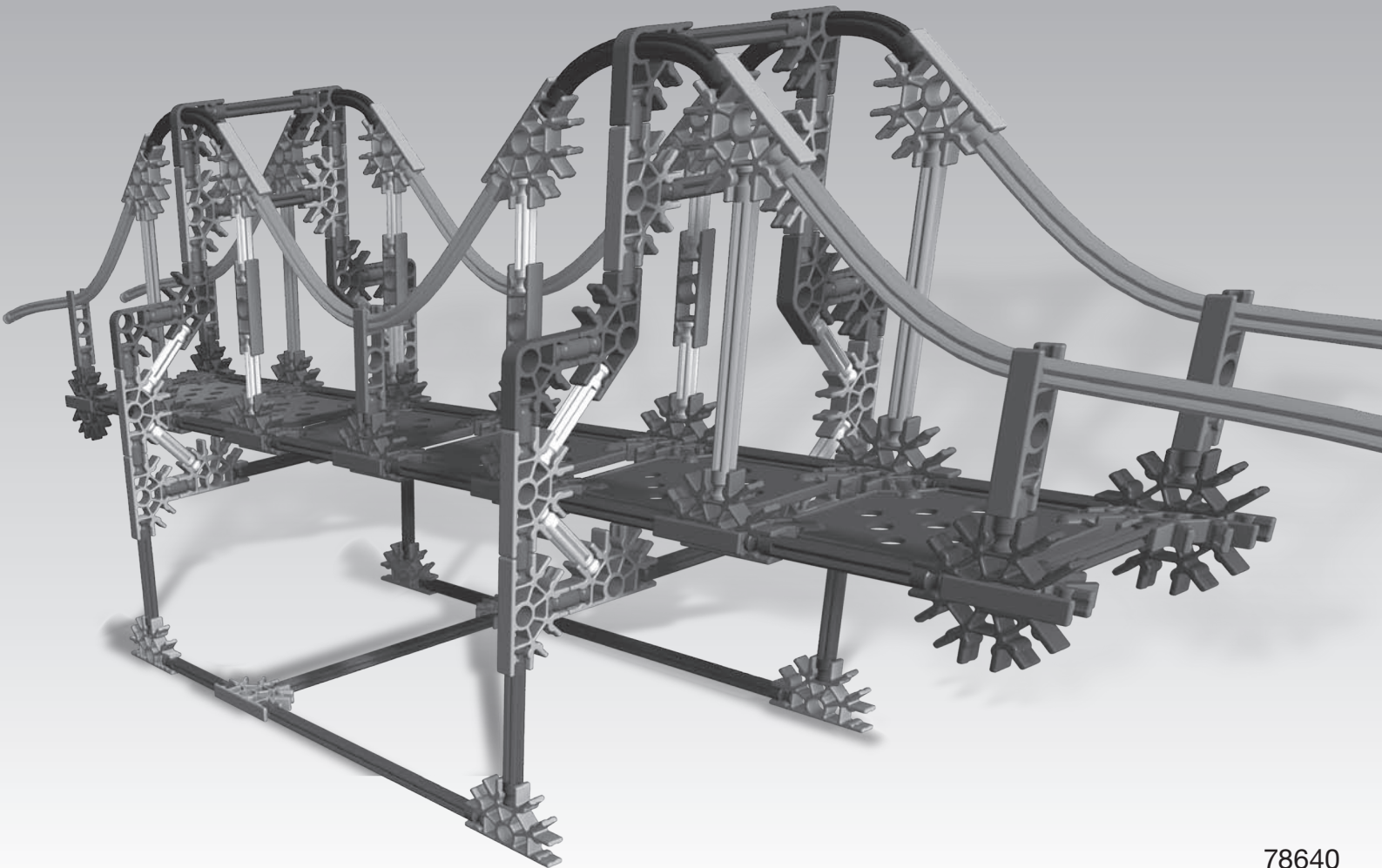
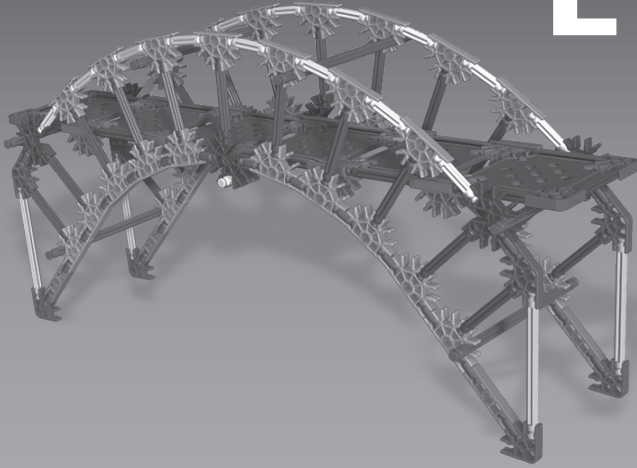


LE GUIDE DE L'ENSEIGNANT

LES PONTS

INTRODUCTION AUX STRUCTURES



LES PONTS

Guide de l'enseignant

96568-V3-10/14

© 2014 K'NEX Limited Partnership Group

Protégé par le droit d'auteur international.
Tous droits réservés.
Développé, produit et distribué aux
États-Unis et au Canada
Par K'NEX Education

K'NEX Limited Partnership Group
P.O. Box 700
Hatfield, PA 19440-0700
1-888-ABC-KNEX
courriel : abcknex@knex.com
Visitez notre site internet :
www.knexeducation.com

K'NEX Education est une marque déposée
de K'NEX Limited Partnership Group.

Cet ensemble est conforme aux
spécifications du règlement F963-03
(Standard Consumer Safety Specification
on Toy Safety) de l'ASTM.

Ouvré sous les brevets américains
5,061,219; 5,199,919; 5,350,331;
5,137,486.

Autres brevets américains et étrangers
en instance.



ATTENTION :

**RISQUE D'ÉTOUFFEMENT – Pièces de petite taille.
Ne convient pas aux enfants de moins de 3 ans.**

Note de sécurité

La sécurité est une préoccupation primordiale dans une classe de sciences et technologies. Il est recommandé que vous établissiez des règles de sécurité qui vous permettront d'utiliser les accessoires K'NEX en toute sécurité. Dans le cas de ce matériel, l'usage d'élastiques doit être bien contrôlé.

Attention particulière :

Les étudiants ne doivent pas étirer ou enrouler les élastiques à l'excès, car ils risquent de se blesser ou de blesser un autre étudiant. Toute marque de détérioration des élastiques doit être mentionnée à l'enseignant. Les enseignants et les étudiants doivent toujours s'assurer que les élastiques soient en bon état et ce, avant chacune des expériences.

Il est important d'éloigner les mains et les cheveux des pièces mobiles. Ne jamais mettre les doigts dans les engrenages ou autres pièces mobiles.

Dans le présent document, le générique masculin est utilisé sans aucune discrimination et uniquement dans le but d'alléger le texte.



Introduction :

Informations générales

Ce Guide de l'enseignant a été développé pour vous aider pendant que vos étudiants explorent l'ensemble Introduction aux structures : les ponts de K'NEX Education. Les informations et les ressources contenues dans ce guide, jumelées au matériel K'NEX Education et au Journal de l'étudiant, vous permettront d'accompagner vos étudiants dans leur compréhension de concepts scientifiques et de les guider dans leurs recherches à travers des expériences concrètes et significatives.

Introduction aux structures : les ponts

Cet ensemble de construction K'NEX Education est conçu pour introduire les étudiants à l'histoire, aux fonctions, à la conception, à la géométrie et à la force des ponts. L'étude des ponts aidera les étudiants à développer une compréhension générale des forces impliquées dans les structures. Ils acquerront également une connaissance des propriétés physiques des matériaux et de leur application dans la conception et la construction des ponts. Ils découvriront que la construction d'un pont, même si elle est basée sur des principes scientifiques simples, requiert parfois des solutions d'ingénierie très complexes. En utilisant cet ensemble K'NEX Education, les étudiants auront l'opportunité d'acquérir des habiletés grâce à l'approche basée sur l'exploration manuelle et intellectuelle. En travaillant en équipe, ils seront encouragés à interagir ensemble pour construire, étudier, résoudre des problèmes, discuter et évaluer divers concepts scientifiques ou principes de conception.

Le Guide de l'enseignant

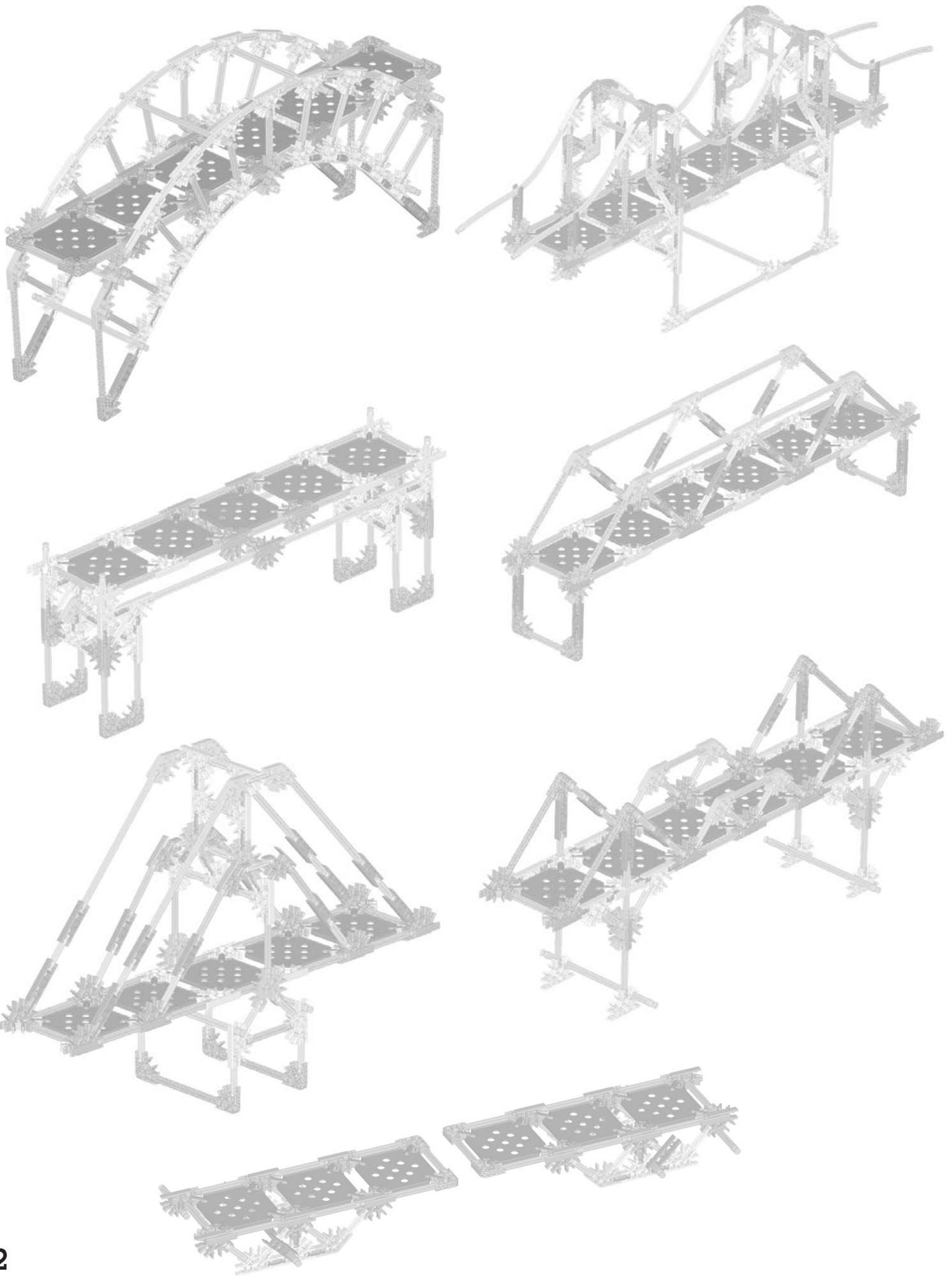
Conçu afin de procurer à l'enseignant une variété de ressources, le Guide de l'enseignant lui fournit un glossaire de concepts-clé et leurs définitions. Il inclut également un aperçu général des principaux types de ponts, des matériaux utilisés pour leur construction et des principes d'ingénierie appliqués pour la résistance aux charges. Les objectifs spécifiques de chacun des chapitres y sont identifiés. Ce guide offre aussi des plans et des scénarios pour présenter chacune des structures et les activités qui lui sont associées. La plupart des unités peuvent être complétées en 30 à 45 minutes. Vous trouverez également des activités supplémentaires pouvant être réalisées afin d'approfondir un concept en particulier. Nous recommandons aux enseignants de consulter leur programme afin d'identifier les activités qui leur permettront d'atteindre leurs objectifs.

Le journal de l'étudiant

Il est recommandé que chaque étudiant dispose d'un journal afin de noter les informations relatives à chacune des expériences. Les étudiants devraient être encouragés à noter leurs hypothèses avant de commencer une activité. Ces hypothèses pourront être vérifiées selon les découvertes qu'ils feront lors de l'expérience. Ces informations leur permettront de faire le lien entre les différents concepts étudiés. Ils comprendront plus facilement les modèles construits, les expériences réalisées et pourront relier ces informations à la construction et à la structure de ponts qu'ils peuvent observer de nos jours. Le journal permettra aux étudiants d'apprendre à dessiner des diagrammes et des plans. Il est aussi un moyen d'évaluation pour l'enseignant. Le Guide de l'enseignant comprend une feuille de contrôle des journaux et ce, pour chacun des modèles et des activités qui lui sont associées.

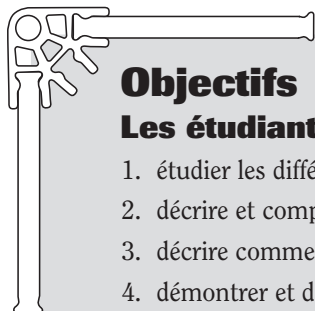
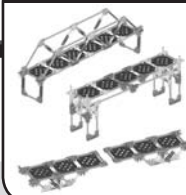
TABLE DES MATIÈRES

Objectifs	3
Mots-clé et définitions	3
Concepts-clé.....	5
Introduction aux ponts : Activités préparatoires (facultatives).....	19
Introduction aux ponts : À quoi servent les ponts?	21
Les ponts sont-ils tous les mêmes? Comment les ponts supportent-ils une charge?	25
Le pont-poutres	29
Le pont en poutres à treillis.....	35
Le pont cantilever	41
Le pont basculant	49
Le pont à arches.....	55
Le pont suspendu	61
Le pont à câbles	71
Concevoir un pont : Les facteurs du temps et de l'argent	77
Feuilles d'activités.....	81



Introduction aux structures : LES PONTS

Information générale



Objectifs

Les étudiants devront :

1. étudier les différents types de ponts et démontrer leur compréhension du fonctionnement de ces structures.
2. décrire et comprendre les forces agissant sur une structure.
3. décrire comment les structures sont stabilisées et comment elles peuvent supporter une charge.
4. démontrer et décrire comment les structures peuvent s'effondrer sous une charge et étudier les techniques de renforcement.
5. décrire et expliquer quelques propriétés physiques des matériaux et leur application dans la conception et la construction des ponts.
6. démontrer leur compréhension de la conception, de l'ingénierie et des processus de construction d'un pont.

Mots-clés et définitions pour l'enseignant

Ce qui suit est une ressource pour l'enseignant. Selon l'âge, les habiletés, les connaissances de base et le programme de votre cours, vous pourrez choisir d'utiliser certaines des définitions suivantes. Ces mots-clés ne sont pas présentés comme une liste devant être apprise par coeur par les étudiants. Ils peuvent cependant être utilisés afin de clarifier les concepts que les étudiants rencontreront en cours de route.

Pont :

Une structure qui assure un passage au-dessus d'un obstacle. Quelque chose qui relie ou supporte une chose à une autre.

Pont à arches : Un pont possédant une structure courbe. L'arche assure une plus grande force de la structure en exerçant des pressions vers le bas et sur les côtés contre la culée.

Pont basculant : Pont articulé fonctionnant comme une balançoire à bascule. Les sections du pont peuvent être soulevées grâce à des contrepoids.

Pont-poutres : Le type de pont le plus simple. Il est constitué d'une structure droite et rigide reposant sur des supports à chaque extrémité.

Pont à câbles : Conception moderne du pont dans laquelle le tablier est supporté par des câbles directement attachés à des tours.

Pont cantilever : Similaire au pont-poutres, ce type de pont obtient son support grâce à des poutres contrebalancées au milieu de la structure plutôt qu'aux extrémités. Les deux poutres sont nommées cantilever..

Pont suspendu : Type de pont dans lequel le tablier est suspendu par des filins attachés à des câbles. Les câbles sont supportés par des tours et attachés sécuritairement à des ancrages de béton.

Pont en poutre à treillis : Type de pont-poutres, renforcé par une charpente de poutrelles arrangées triangulairement..

Charges et forces :

Charge : Distribution des poids d'une structure (voir également Poids mort et Charge variable).

Force : Une poussée ou une traction. Dans le cas des ponts, la force est appliquée au pont sous la forme d'une charge.

Contrainte : Une force tendant à déformer une structure.

Compression : Une force tendant à raccourcir, pousser ou comprimer une structure..

Tension : Une force tendant à allonger ou étirer une partie d'une structure.

Torsion : Une déformation produite lorsqu'un matériau est tordu.

Symétrie : Un ensemble égal et équivalent de chaque côté d'une ligne centrale.

Gauchissement : Une déformation qui se produit lorsque les structures plient sous la force d'une compression.

Poids mort : Le poids de la structure du pont.

Charge variable : Le poids de la circulation utilisant le pont.

Caractéristiques d'un pont :

Ancrage : Fondations ou blocs de béton dans lesquels les câbles de suspension d'un pont sont sécurisés.

Barre de tension : Un support structural sous tension.

Câble : Filins utilisés pour supporter le tablier d'un pont suspendu ou d'un pont à câbles..

Câble de suspension : Un câble supportant le tablier; il est suspendu verticalement à partir du câble principal.

Caisson : Une structure temporaire utilisée pour retenir l'eau à l'extérieur, lors de la construction des fondations des piliers.

Charpente : L'arrangement "squelettique" des matériaux donnant la forme et le support à une structure.

Chaussée : La partie du pont où circulent les véhicules; sur le tablier.

Clé de voûte : Pierre taillée en forme de coin, elle est la dernière installée dans une arche et elle est la pierre qui retient les autres en place.

Culée : Une masse de roches ou de béton maintenant en place chacune des extrémités d'une arche de pont afin d'éviter qu'elles ne se séparent et ne fassent tomber le pont.

Ingénieur : Un professionnel qui conçoit les ponts ou autres structures. Il existe plusieurs types d'ingénieurs : civils, constructeurs ou environnementaux.

Jambe : Un support vertical au centre de la portée du pont, par exemple, un pilier ou une tour.

Main courante : Une rampe ajoutée sur le tablier du pont afin de prévenir la chute de piétons, d'animaux ou de véhicules.

Obstacle : Quelque chose qui fait barrière.

Portée : La section du pont entre deux piliers ou tours.

Poulie : Une roue utilisée pour hisser ou pour changer la direction d'une force.

Poutre : Composante rigide et horizontale d'un pont.

Poutrelle : Une poutre forte servant au support dans la structure.

Poutre triangulée : Une charpente de poutres, dont certaines sont sous tension et d'autres sous compression, comprenant des triangles et autres formes stables.

Rampe : Un plan incliné reliant la rive au tablier du pont.

Support : Un objet qui soutient le pont et sert de fondation.

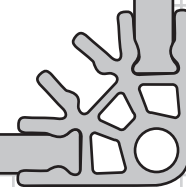
Tablier : La surface du pont qui sert à la circulation (piétons, automobiles, trains).

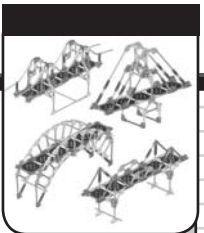
Tour : Un support très haut et vertical qui supporte les câbles principaux d'un pont suspendu ou d'un pont à câbles.

Traverse : Un support structural sous compression.

Triangulation : Un concept de construction utilisant les triangles, faits à partir de carrés, pour augmenter la force d'une structure.

Voussoir : Une arche faite de blocs de pierre en forme de coin qui s'alignent parfaitement ensemble contre la culée.





Concepts-clé

Ce qui suit présente un résumé de quelques concepts-clé associés aux ponts. Il s'agit d'une ressource pour l'enseignant. Ces concepts pourraient vous être utiles lors de la préparation de vos activités reliées à l'ensemble Introduction aux structures : les ponts de K'NEX Education.

Qu'est-ce qu'un pont?

- C'est une structure qui facilite la traversée d'un obstacle. Les obstacles, par exemple les rivières, ont toujours été un problème dans la vie des voyageurs ou des marchands. Cependant, les ponts d'aujourd'hui sont utilisés pour traverser de grandes étendues d'eau, pour relier des îles, pour traverser une autoroute ou pour relier certains édifices entre eux. Ils peuvent supporter les véhicules motorisés, les trains, les piétons, les pipelines, etc.
- Nous pouvons facilement imaginer que les premiers ponts étaient simplement des arbres déracinés et tombés en travers d'un cours d'eau ou une roche plate placée au-dessus d'un ruisseau ou d'une crevasse. Ces ponts seraient du type pont-poutres.



Fig. 1



Fig. 2 - Pont-poutres simple

- Lorsque les gens voulurent traverser les cours d'eau en transportant des charges plus lourdes, la poutre ne fut plus une bonne solution. Lorsque l'obstacle à traverser était trop large, la poutre pliait au centre. Si l'on essayait de renforcer le pont grâce à une poutre plus épaisse, elle fendait. La portée la plus longue sur un pont-poutres est d'environ 80 mètres.

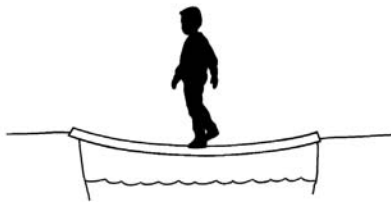


Fig. 3 - Une poutre trop longue plie

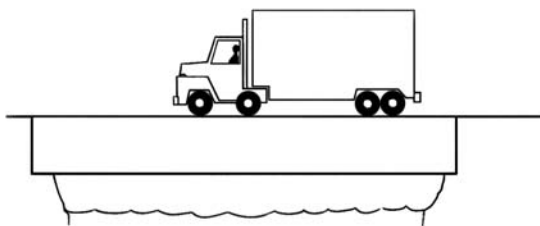


Fig. 4 - Renforcement de la poutre en l'épaississant



Fig. 5 - Le pont est trop lourd

- La conception d'un pont doit être faite en fonction des points suivants : la charge devant être transportée, les forces agissantes et les matériaux de construction.



Les charges :

- **Charge variable :** Le poids du trafic circulant sur le pont. Cette charge crée une force vers le bas sur le pont. Cette force doit donc être répartie dans les fondations ou équilibrée par une force opposée.

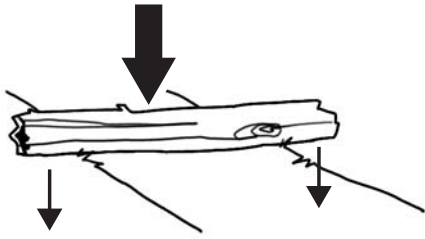


Fig. 6i

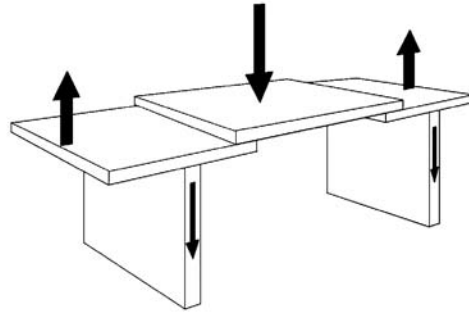


Fig. 6ii

- **Poids mort :** C'est le poids de la structure du pont elle-même. Les ingénieurs tentent de minimiser ce poids le plus possible en concevant la structure la plus légère possible.
- **Charge dynamique :** Les trains et les camions très lourds produisent un très fort impact (choc) lorsqu'ils traversent un pont à grande vitesse. Les ponts ferroviaires doivent être très forts pour supporter ce type de choc, c'est pourquoi le pont suspendu ne peut être utilisé.
- **Charge environnementale :** Les facteurs environnementaux comme les vents très puissants, la glace, les accumulations de neige et les tremblements de terre peuvent créer une charge additionnelle sur la structure. Une préoccupation majeure pour les ingénieurs est celle des effets d'ouragans sur les ponts suspendus situés dans des régions à risque.

Les forces :

- **Compression :** écrasement
- **Tension :** étirement
- **Pliage**
- **Torsion :** tordre
- **Cisaillement :** glissement

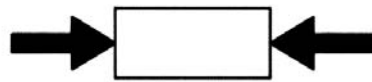


Fig. 7 - Compression (écrasement)

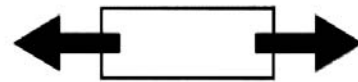


Fig. 8 - Tension (étirement)

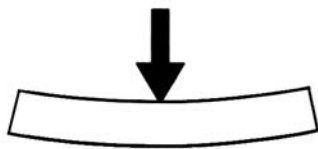


Fig. 9 - Pliage

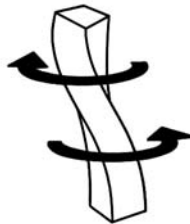


Fig. 10 - Torsion (tordre)

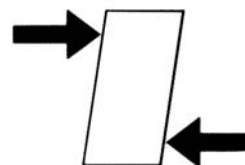


Fig. 11 - Cisaillement (glissement)

- Les forces les plus importantes affectant les ponts sont la compression et la tension. Leurs effets sur la structure d'un pont peut être reproduite grâce à un morceau de caoutchouc mousse. Dessinez des lignes parallèles comme le démontrent les illustrations suivantes. Placez le caoutchouc mousse entre deux "piliers" et poussez vers le bas au centre du "pont". Les lignes vous montreront l'effet de la compression et de la tension et les endroits où elles se produisent.

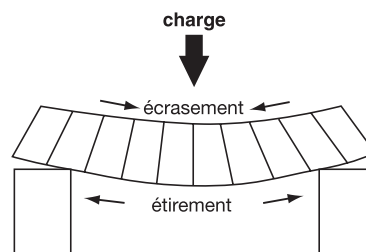
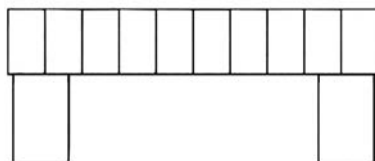
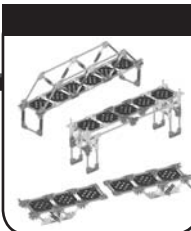


Fig. 12 - Les forces agissant sur une poutre



Matériaux

- ⊙ Les ingénieurs doivent tenir compte des propriétés des matériaux qu'ils prévoient utiliser pour construire un pont.
 - ⊙ Les matériaux résistant bien à la compression : bois, béton armé, acier et quelques plastiques.
 - ⊙ Les matériaux résistant bien à la tension : corde, bois (coupé dans le sens du grain).
- ⊙ Le béton armé est un choix judicieux pour plusieurs structures, dont les ponts. Des barres d'acier parcourent la longueur du bloc de béton et résistent donc à la fois à la tension et à la compression.

Vous pourriez réaliser ces activités pour introduire les étudiants à certains concepts.

(Voir également la section Introduction aux ponts : Activités préparatoires à la page 19.) **Nous recommandons également de visiter le site "Forces Lab" au www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/ (en anglais).**

- ⊙ Le papier peut-il être utilisé pour construire une structure? Quelles sont ses forces et ses faiblesses?

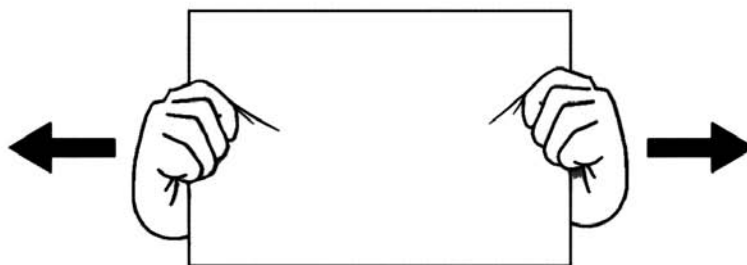


Fig. 13i - Essayez de déchirer une feuille de papier.



Fig. 13ii - Maintenant, écrasez-la.

Ce test démontre que le papier résiste à la tension, mais non à la compression.

- ⊙ Peut-on changer les propriétés d'un matériau?

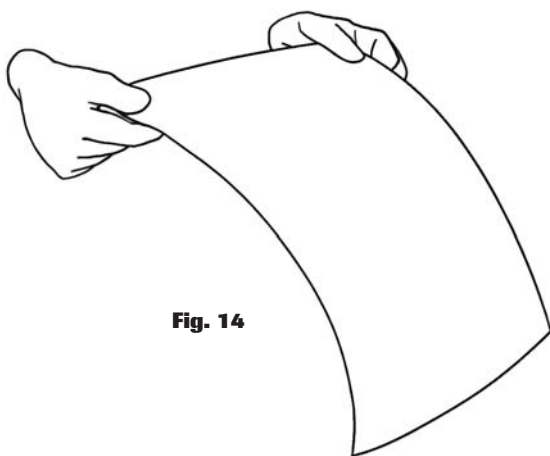


Fig. 14

Lorsque nous tenons une feuille de papier dans nos mains, elle plie vers le bas parce qu'elle n'est pas vraiment rigide. Mais lorsque cette même feuille est pliée, ses propriétés changent.

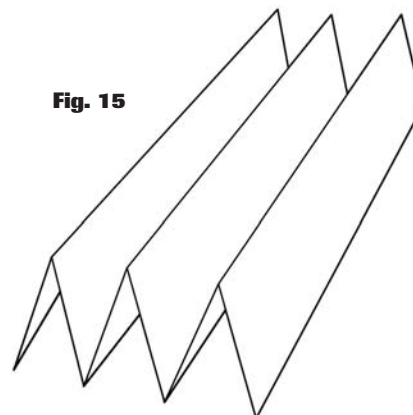


Fig. 15

La feuille de papier est maintenant rigide et peut supporter des charges étonnamment lourdes.



Fig. 16i - Enroulez le papier autour d'un manche à balai.



Fig. 16ii - Fort : compression, tension



Fig. 16iii - Faible : Pliage

- Enrouler une feuille de papier pour en faire un tube produit quelque chose d'assez résistant. Vous pouvez le prouver en comprimant le tube dans sa longueur. Essayez de lui faire supporter plusieurs charges pour voir ce qu'il peut soutenir avant de s'effondrer.
- Pliez des feuilles de papier selon les formes suivantes et observez quelles charges elles sont en mesure de supporter. Les prédictions à propos de la force de chacune des formes peuvent être faites avant de tenter l'expérience. Pour une expérience juste, les piliers doivent toujours être placés à la même distance. Placez chaque feuille de papier (poutre) tour à tour sur les piliers et placez un poids au centre (fig. 18). Commencez par le poids le plus petit et augmentez graduellement, jusqu'à ce que la poutre tombe. Inscrivez les résultats dans un tableau comme celui présenté ci-dessous (fig. 19).

Cette méthode peut aussi être utilisée pour expérimenter différents types de papier ou de carton.

Fig. 17

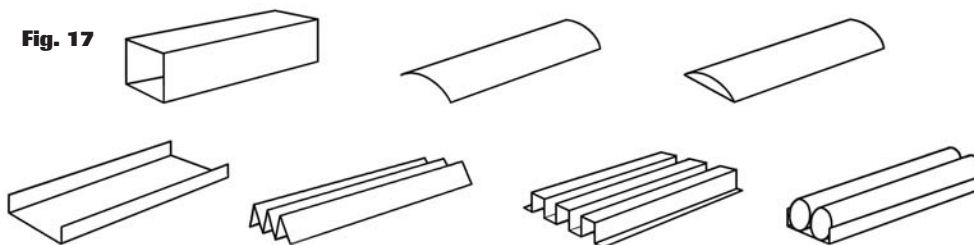
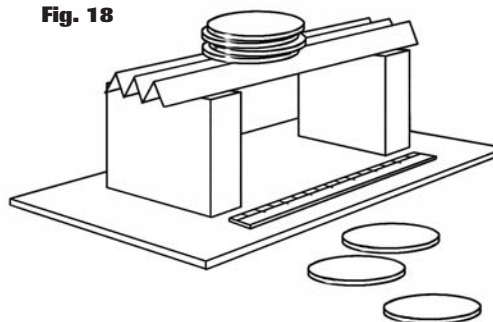


Fig. 19

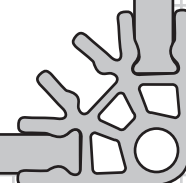
Modèle (coupe transversale)	Poids maximal

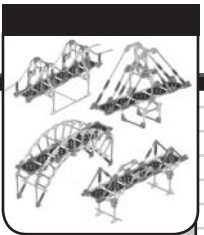
Comme cette expérience le démontre, en changeant la forme d'un matériau, nous pouvons utiliser ce qui au départ semble être un matériau inadéquat pour construire des structures solides.

Fig. 18



Nous remercions Paul Newham, technicien senior du South London Science and Technology Center (Londres, Grande-Bretagne), pour nous avoir permis de reproduire cette activité et les diagrammes qui l'accompagnent.





Les formes utilisées dans les structures.

Trois formes de base sont normalement utilisées dans les structures : les rectangles, les triangles et les arches.

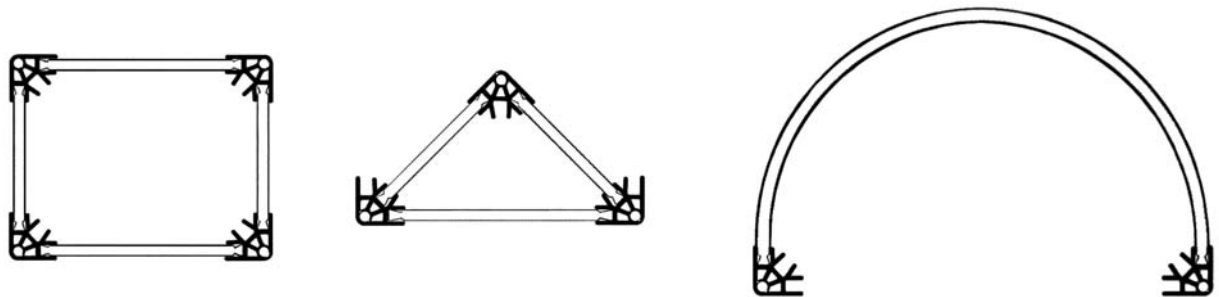


Fig. 20-22 - Les formes utilisées dans les structures. Utilisez les pièces K'NEX pour reproduire ces formes.

Comment ces formes réagissent-elles lorsqu'on y applique des forces?

Rectangles :

Lorsqu'une pression est appliquée au coin d'un rectangle, sa forme est modifiée. Le rectangle devient alors un parallélogramme.

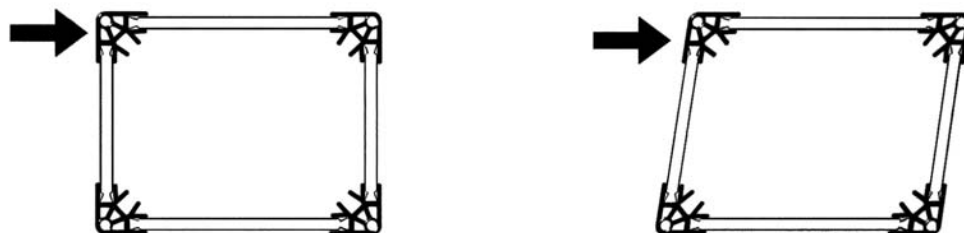


Fig. 23-24 - Rectangles : Pousser un coin

En ajoutant une diagonale on renforce la structure. Elle est maintenant rigide et stable. La diagonale (ou contrevent) est une composante de renforcement d'une structure.

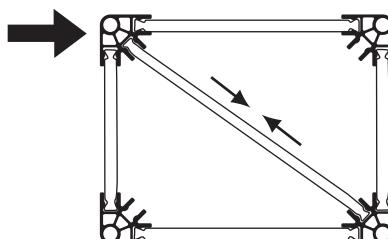


Fig. 25 - Compression agissant sur la diagonale

La forme ne change pas lorsque les coins sont poussés ou tirés parce que les forces sont maintenant transmises le long de la diagonale. En ajoutant une diagonale on crée aussi deux triangles. Une diagonale qui résiste à la compression est appelée contre-fiche.

Triangles

Si une charge ou une force est appliquée sur l'un des côtés du triangle, ce côté pliera vers l'intérieur.



Fig. 26 - Une force appliquée à un côté d'un triangle

Cependant, si une charge ou une force est appliquée à l'un des angles, le triangle ne plie pas parce que les deux côtés sont comprimés et que la base est étirée. Les forces sont distribuées sur la structure entière et non seulement sur une partie. En utilisant le triangle adéquatement, c'est la forme la plus stable et la plus rigide pouvant être incorporée à une structure.



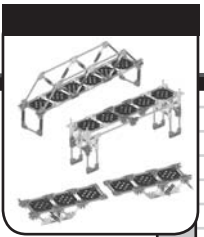
Fig. 27 - Une force appliquée à l'angle d'un triangle

Les arches

Les arches ont été utilisées dans les structures depuis des milliers d'années. Plusieurs pont à arches et aqueducs construits par les Romains sont toujours utilisés de nos jours, faisant foi de leur solidité.

Fig. 28 - Exemples de ponts à arches





Lorsqu'une charge est appliquée au sommet d'une arche, le sommet descend alors que les extrémités tendent à se déplacer chacune de leur côté.

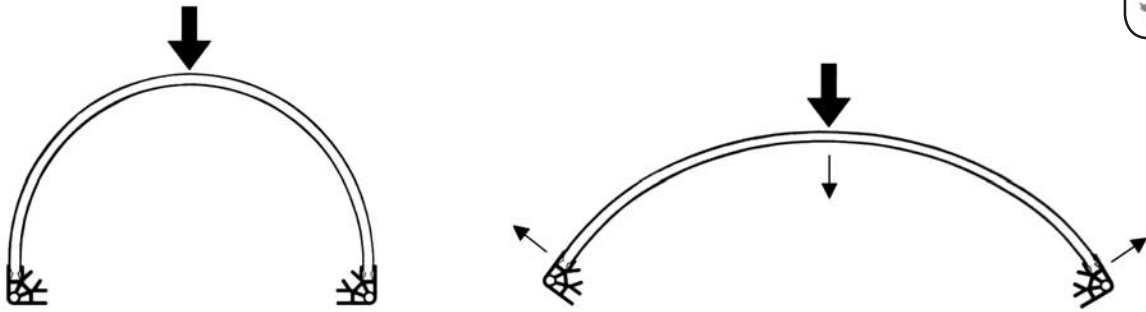


Fig. 29 - La force agissant sur une arche

En supportant les côtés, on redresse l'arche et on crée une structure plus forte.

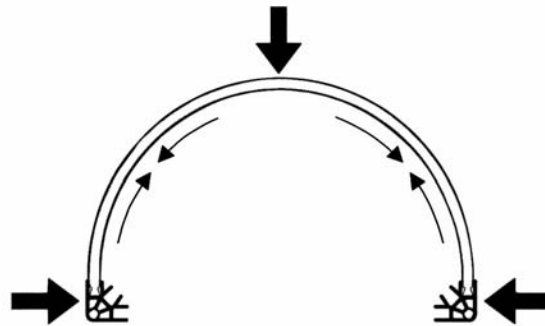


Fig. 30 - Renforcer et redresser une arche

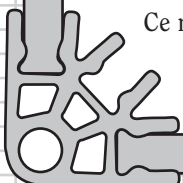
Lorsqu'une charge est appliquée, les extrémités de l'arche tentent de bouger vers les côtés, mais les supports externes les retiennent pour arrêter le mouvement. Les supports externes sont appelés culées ou aboutements.

Les arches, cependant, ont certaines limites. Si l'arche est trop large, elle est plus faible. Les arches les plus larges de nos jours ont environ 250 mètres de large.

Fig. 31 - Exemples de pont à arches en acier



Ce ne sont pas toutes les arches qui sont en pierres. Les arches modernes sont faites de charpente en acier.



Différents types de ponts

Il existe différents types de ponts, mais parce que chaque type présente des caractéristiques individuelles particulières, il existe aussi plusieurs différences dans les modèles.

Le pont-poutres

Il s'agit du type de pont le plus simple, fait d'une section droite – la poutre – reposant sur deux supports situés à chaque extrémité de la poutre.

Construction et matériel :

Le pont-poutres supporte son propre poids et la charge sur des piliers. Ce type de pont est normalement utilisé pour de courtes distances au-dessus d'un cours d'eau étroit ou d'une autoroute. Sinon, les poutres plus longues ont tendance à courber vers le centre et nécessitent un support additionnel.



Fig. 32 - Les poutres plus longues sont plus faibles que les courtes.

Alors que le bois et la pierre étaient des matériaux très communs dans le passé, les ponts modernes sont plutôt construits grâce à l'acier et au béton armé.

Forces agissant sur le pont :

Les forces agissant sur le pont-poutres compriment le dessus, mais tendent le dessous de la poutre. Les piliers supportant le poids du pont sont aussi comprimés.

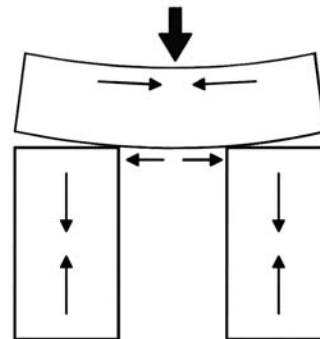


Fig. 33 - Les forces agissant sur un pont-poutres.

Le pont en poutre à treillis

Le pont en poutre à treillis est un type de pont pour lequel le tablier est constitué d'un treillis de sections droites (normalement en acier) jointes ensemble pour former des séries de triangles. La plate-forme est donc plus épaisse sans être nécessairement plus lourde. Un triangle donnera une structure forte et rigide parce qu'il prévient le pliage, la torsion ou la déformation.

Construction et matériaux

Les premiers ponts à poutres en treillis possédaient peu de triangles et étaient fabriqués de bois (fig. 34 et 35). Avec le développement de meilleurs matériaux et modèles, les poutres triangulées (ou ferme) sont devenues très complexes et comptent maintenant un grand nombre de triangles.

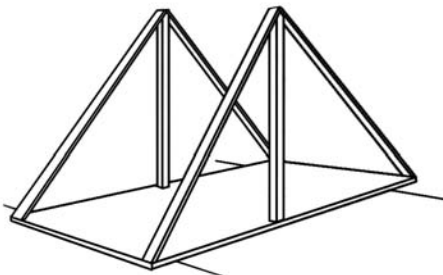


Fig. 34 - Ferme simple

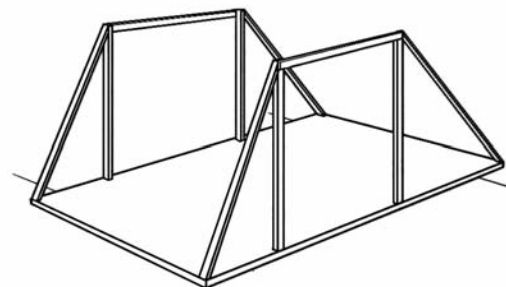
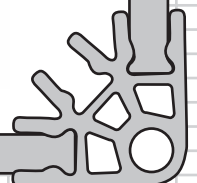


Fig. 35 - Ferme à deux poinçons



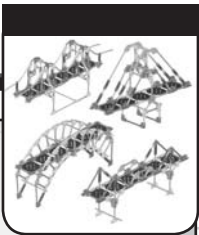
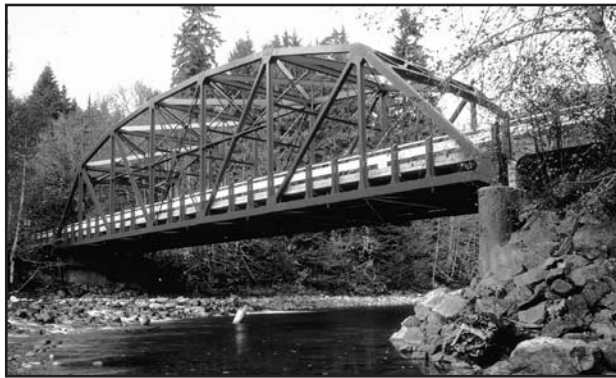


Fig. 36 - Ponts à poutres à treillis



Malgré la force de la structure augmentée par l'ajout de poutres triangulées, les ponts à poutres à treillis ont une certaine limite quant à leur longueur maximale.

Ponts plus longs



Fig. 37a - Comment couvrir un large espace. Problème : Le pont plie au centre et il est faible.

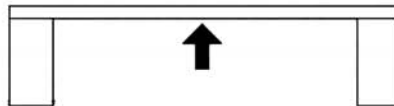


Fig. 37b - Solution : Le pousser vers le haut.

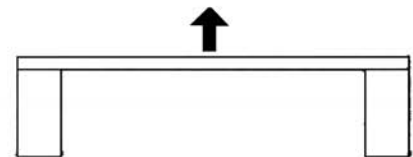


Fig. 37c - Solution : Le tirer par le haut.

Comme mentionné ci-haut, un long pont-poutres aura tendance à plier par le centre. Les ingénieurs ont tenté de régler ce problème de deux façons. Ils ont conçu des ponts dont le point faible de la structure est renforcé soit par un pilier (pousser par le dessous) ou par des câbles (tiré vers le haut).

1. Un support diminue les portées

Plutôt que de construire une seule longue portée, qui pliera au centre, les ingénieurs construisent des ponts grâce à des centaines de petites poutres assemblées. Le pont de la baie de Chesapeake aux États-Unis est construit de cette façon. Ce type de structure est mieux connu sous le nom de pont à travée continue. Ce pont traverse l'estuaire de la baie de Chesapeake. Il mesure 26 kilomètres de long, mais la portée simple la plus longue est seulement de 30 mètres.

2. Utiliser des arches

Le pont à arches

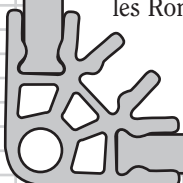


Fig. 38

Fig. 39



Les civilisations égyptiennes et chinoises utilisaient l'arche pour construire certaines de leurs structures, tout comme les Romains qui l'ont employée pour la construction des aqueducs et des ponts.



Construction et matériaux

L'arche fonctionne grâce à de très grandes forces de compression qui maintiennent en place d'énormes blocs de roche. Ces forces maintiennent les blocs ensemble entre les extrémités (aboutements) du pont. La pierre centrale de l'arche se nomme la clé de voûte et toutes les autres pierres poussent contre la clé de voûte. La forme des pierres utilisées pour la construction d'une arche est cruciale. Les blocs doivent être en forme de coin, comme si c'était la forme elle-même qui permettait à l'arche de se tenir debout. Avec le temps, les matériaux de construction se sont améliorés. Les arches de pont sont maintenant construites avec de l'acier, de la fonte et du béton.

Fig. 40 - Ponts à arches

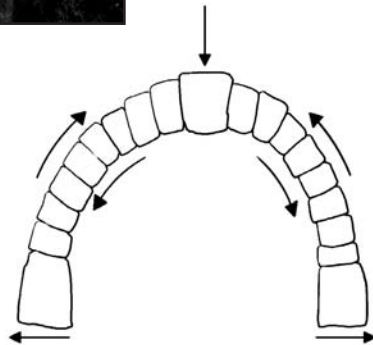
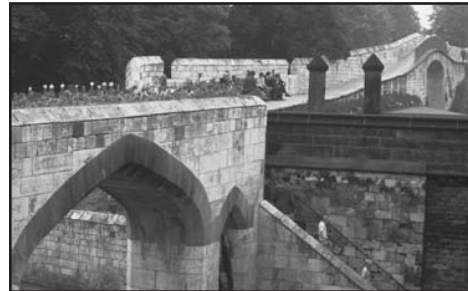


Fig. 41 - Les forces agissant sur une arche

3a Supporter par le dessous

Le pont cantilever

Le pont cantilever est une autre variation du pont-poutres. Un cantilever est une poutre supportée à une seule extrémité. Une des extrémités de la poutre est fermement ancrée à l'une des rives, alors que l'autre est dans le vide. Les deux poutres se rejoignent pour former le pont. Ce pont ne nécessite pas de pilier pour supporter les deux extrémités de chacune des poutres. Cette méthode présente un avantage lorsqu'il est difficile de placer des piliers, où lorsqu'un canal de navigation est nécessaire sous le pont. Ce type de pont utilise aussi souvent un système de poutres triangulées pour renforcer la structure.

Le concept du cantilever peut être facilement démontré en utilisant 5 livres ou blocs de bois. Placez deux livres à la verticale pour représenter les piliers. Ensuite équilibrez un livre sur chacun des piliers pour représenter le cantilever. Joignez les deux cantilevers en ajoutant un livre au centre ou en rapprochant les deux piliers.

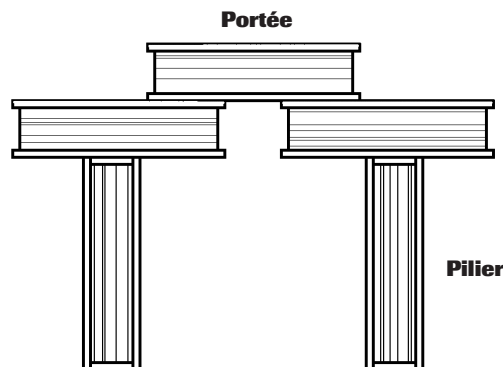


Fig. 42



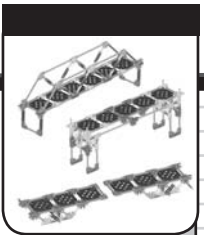
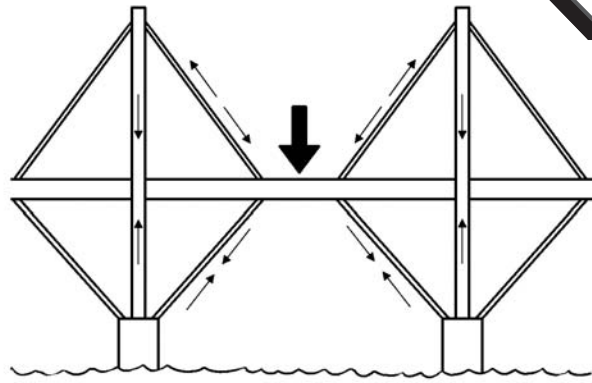


Fig. 43 - Les forces agissant dans un pont cantilever



Le pont Forth Railway traversant le large estuaire du Firth of Forth près d'Édimbourg en Écosse, est l'un des plus longs ponts cantilever du monde. Ce pont, construit en 1890, est fait d'acier et mesure environ 2,5 kilomètres. La portée centrale entre les deux cantilevers est seulement de 100 mètres de long.

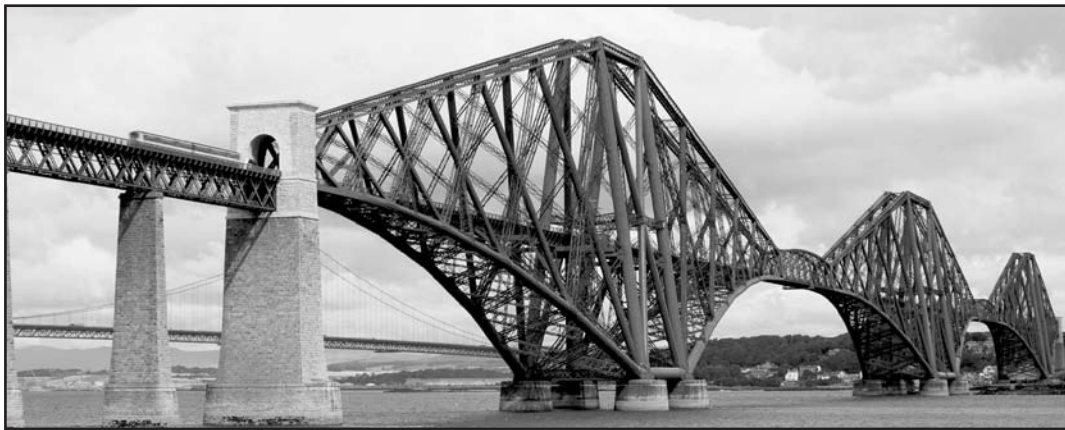


Fig. 44

Le pont Forth Railway, Queensferry sud, Écosse.

Dans cet exemple, la travée ferroviaire est supportée à la fois par le dessus et le dessous, grâce à un ensemble de poutres triangulées.

3b Tirer vers le haut Le pont à câbles

Le pont à câbles est une combinaison du pont cantilever et du pont suspendu : la travée du pont est la structure à cantilever, suspendue à une tour par des câbles. Chaque tour supporte une partie de la travée grâce aux câbles. Même si cette idée n'est pas nouvelle, le pont à câbles s'est répandu pendant le milieu du vingtième siècle, en partie à cause de l'amélioration des matériaux de construction. C'est également une structure relativement peu coûteuse à construire parce qu'elle ne nécessite pas d'ancrage, comparativement au pont suspendu. Donc, ce type de pont est maintenant retenu à plusieurs endroits où l'on aurait auparavant construit un pont suspendu de taille moyenne (moins de 1000 mètres).

Fig. 45 - Ponts à câbles

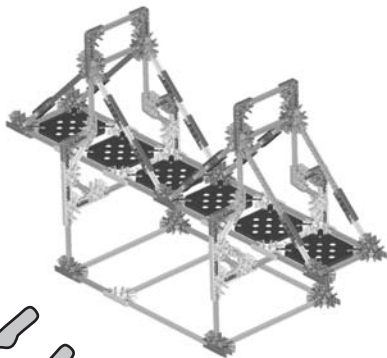
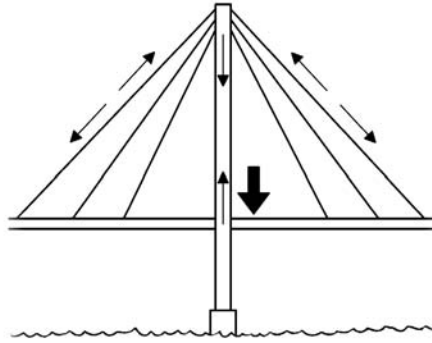


Fig. 46 - Les forces agissant sur un pont à câbles



Construction et matériaux

Les câbles, attachés à une haute tour, sont utilisés pour supporter le tablier du pont. Les câbles relient directement la tour au tablier. Tous les câbles subissent une très forte tension et la tour supporte le poids total de la structure et de la circulation. Les tours sont normalement construites en béton ou en acier, alors que la conception des câbles peut être variée.

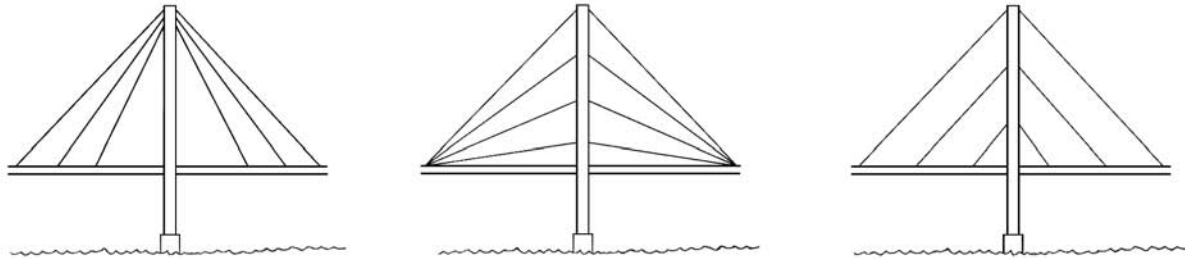


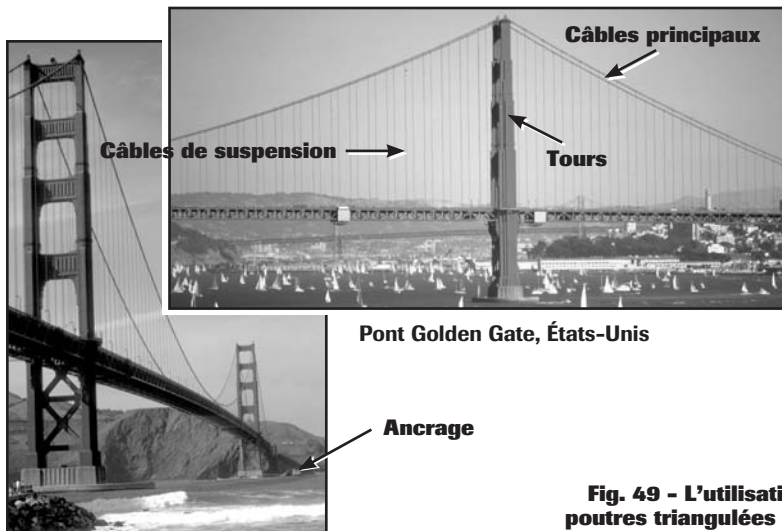
Fig. 47 - Différentes configurations de câbles

Le pont suspendu

Le concept du pont suspendu peut probablement remonter aussi loin qu'à la préhistoire, alors que des vignes dans la forêt pourraient avoir été utilisées pour construire des ponts au-dessus de vallées étroites. De nos jours, certains ponts suspendus font partie des plus longs ponts au monde. Les ponts suspendus modernes possèdent des câbles tendus entre deux tours – les câbles passent par-dessus ou dans la tour qui supporte le poids total du pont. Les extrémités des câbles sont ancrées au sol. La travée elle-même est légèrement arquée et possède une structure de poutres triangulées pour plus de solidité. Le tablier est suspendu grâce à des câbles verticaux appelés câbles de suspension qui sont eux-mêmes attachés aux câbles principaux.

La conception d'un pont suspendu, plus que celle de n'importe quel autre type de pont, essaie d'assurer que les forces agissant sur la structure soient équilibrées et travaillent ensemble en harmonie. Dans un pont suspendu, les câbles principaux et de suspension, subissent une très grande tension parce qu'ils sont toujours étirés, alors que les tours subissent une compression parce que les câbles les tirent vers le bas.

Fig. 48 - Les parties d'un pont suspendu



Pont Golden Gate, États-Unis

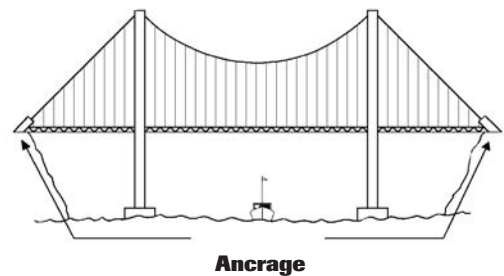


Fig. 49 - L'utilisation de poutres triangulées sur le tablier d'un pont suspendu



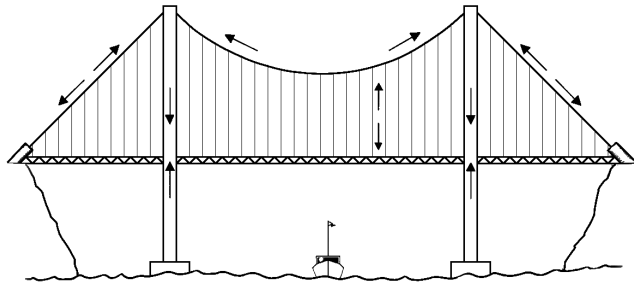
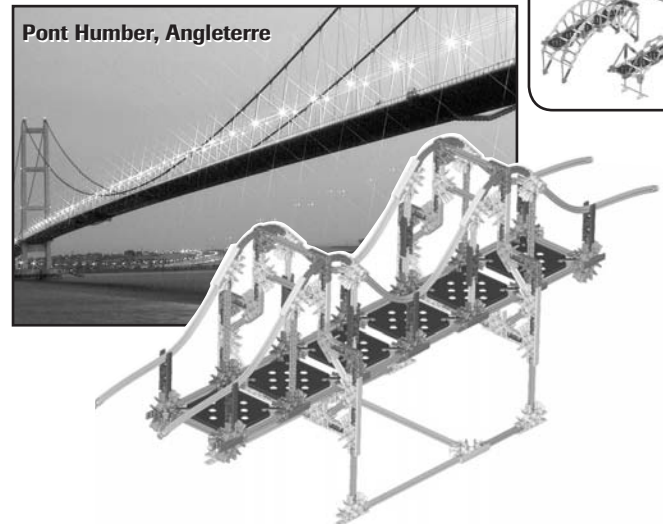


Fig. 50 - Les forces agissant sur un pont suspendu

Fig. 51



Pont Humber, Angleterre

Les ponts les plus longs construits de nos jours sont des ponts suspendus. Présentement, le record est détenu par le pont Akashi reliant les îles japonaises de Shikoku et Honshu, il mesure 3, 911 mètres.

Les ponts en mouvement

Le pont à bascule

Un pont à bascule s'ouvre afin de permettre le passage de bateaux. Sa travée centrale est divisée et chaque extrémité est contrebalancée pour réduire l'effort lors de l'ouverture. Les parties mobiles qui s'ouvrent vers le haut se nomment les vantaux et fonctionnent grâce à un système de contrepoids, d'engrenages et de moteurs. Les contrepoids sont généralement fabriqués de béton et sont placés sous la route. Un moteur actionne les engrenages qui font descendre les contrepoids, alors que les vantaux s'élèvent pour créer un passage pour la navigation.

Le pont de la Tour de Londres, au-dessus de la Tamise, en Angleterre, est un pont à bascule. Chaque bascule mesure environ 33 mètres et un contrepoids de 422 tonnes est attaché à l'extrémité de chacune d'elles.



Fig. 52 Pont à bascule s'ouvrant pour la navigation



Le pont de la Tour, Londres, Angleterre

Sites internet

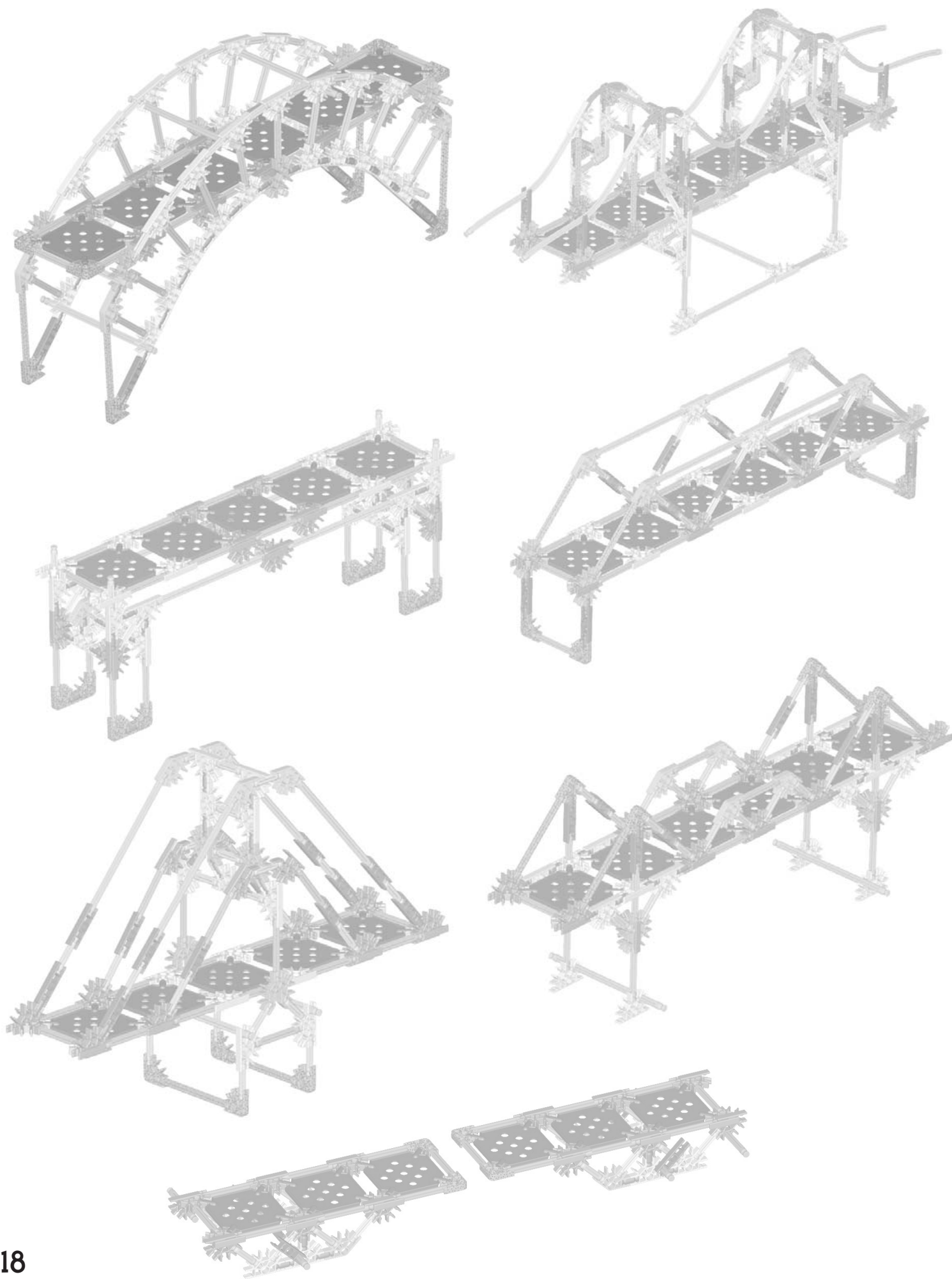
[http://fr.encyclopedia.msn.com/encyclopedia_761561057/pont_\(structure\).html#s1](http://fr.encyclopedia.msn.com/encyclopedia_761561057/pont_(structure).html#s1) Un site internet présentant la structure du pont, son historique, les types de pont et les perspectives.

<http://www.brantacan.co.uk/bridges.htm> (en anglais) Un site intéressant et instructif, présente plusieurs types de pont et une banque de photographies bien étoffée.

<http://www.infrastructures.com/0801/pont.htm> et http://www.confederationbridge.com/fr/notre_pont/caracteristiques.asp Sites présentant l'historique de la construction du pont de la Confédération reliant le Nouveau-Brunswick à l'Île du Prince-Edouard.

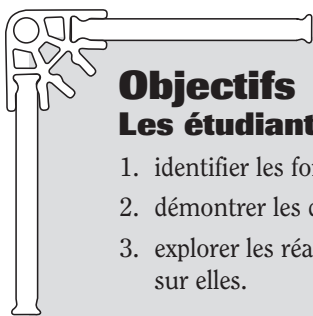
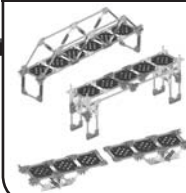
<http://netrover.com/~capaigle/Ponts/pont.htm> Histoire du pont de Québec.

<http://www.pjcci.ca/Francais/jacques-cartier/INTRO.HTM> Informations sur le pont Jacques-Cartier, Montréal.



Introduction aux ponts :

Activités préparatoires



Objectifs

Les étudiants devront :

1. identifier les forces agissant sur les structures.
2. démontrer les différentes réactions des matériaux en réponse aux forces agissant sur eux.
3. explorer les réactions de différentes formes de structures en réponse aux forces agissant sur elles.

Matériaux

Chaque équipe aura besoin de : Vous aurez besoin de :

- Feuilles de papier
- Élastique
- Longues tiges K'NEX
- Quelques connecteurs K'NEX
- 1 morceau de caoutchouc mousse solide de 30 x 6 x 6 cm
- 1 marqueur

NOTE : Les activités suivantes sont conçues pour des étudiants n'ayant aucune connaissance de base des structures. Vous pourrez déterminer si elles sont appropriées pour vos étudiants.

Procédure

Introduction

- Si cette activité constitue l'introduction du concept de structure pour vos étudiants, demandez-leur ce qu'ils supposent qu'est une STRUCTURE. Inscrivez leurs réponses au tableau.

Les réponses peuvent être parmi les suivantes : Les édifices (comprenant : gratte-ciel, stades, dômes); les routes et les autoroutes; les ponts; les tunnels; les barrages; les ports; les tours de refroidissement pour les centrales; les tours de transmission; les pipelines; les plates-formes de forage; les pyramides; les parcs d'amusement; etc.

- Encouragez les étudiants à décrire la plus grande structure qu'ils ont observée ou visitée. Demandez-leur de décrire leurs sentiments face à cette structure.

Réponses possibles : excitation, anxiété, étonnement...

Tentez de comprendre pourquoi ils ont eu ces réactions.

- Demandez aux étudiants s'ils sont en mesure de nommer les spécialistes qui conçoivent les structures comme les édifices, les routes et les ponts.

Ingénieurs : civils ou constructeurs

- Demandez aux étudiants : "Si vous étiez un ingénieur devant concevoir un grand édifice ou un pont, quels sont les facteurs dont vous devriez tenir compte en concevant votre structure?" (**Force, beauté, sécurité, etc.**) Questionnez les étudiants pour les aider à trouver les réponses. Inscrivez les réponses au tableau et faites des liens entre elles.

Activités de découverte

NOTE pour l'enseignant :

L'information et les activités proposées pour les concepts de **FORCES**, **MATÉRIAUX** et **FORMES** se trouvent dans la section Concepts-clé des pages 5 à 17 de ce Guide. Une activité axée sur les **CHARGES** d'un pont se trouve dans la section intitulée "Les ponts sont-ils tous les mêmes?" aux pages 25 à 28 de ce Guide.

Le site www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge (en anglais) propose un laboratoire démontrant les effets des **FORCES** sur différentes formes, ainsi que de l'information sur les **MATÉRIAUX**, les **FORMES** et les **CHARGES**. Vous y trouverez des tableaux simples et des animations.

- Expliquez aux étudiants qu'ils étudieront certains des facteurs que les ingénieurs doivent considérer en concevant leurs structures. Vous pourriez entre autres, discuter des forces agissant sur une structure :

- écrasement/compression
- étirement/ tension
- pliage
- tordre/ torsion
- glissement/ cisaillement

- Vous pouvez également explorer les points suivants avec les élèves :

- quelques-unes des caractéristiques de différents types de matériaux de construction
- a manière dont différentes formes répondent à différentes forces
- les charges que les structures sont nécessaires pour supporter

Tous ces concepts sont clairement et simplement démontrés sur le site internet mentionné ci-haut.

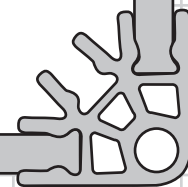
Étapes

1. Mettez en évidence les termes suivants s'ils apparaissent dans les réponses :

- **FORCES** agissant sur les structures;
- **MATÉRIAUX** de construction utilisés;
- **FORMES** utilisées dans les structures;
- **CHARGES** supportées par les structures

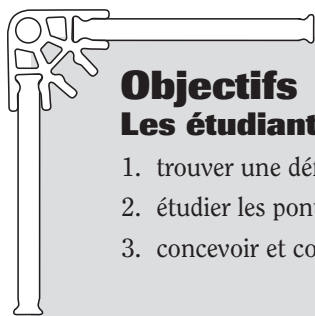
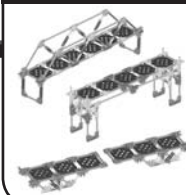
2. Introduisez ces concepts en vous référant à la section Concepts-clé des pages 5 à 17 de ce Guide (le matériel nécessaire est mentionné à la page 19).

Lorsque vos étudiants auront complété ces activités d'introduction, ils posséderont l'information générale nécessaire pour continuer leur découverte des ponts en tant que structures.



Introduction aux ponts

À quoi servent les ponts?



Objectifs

Les étudiants devront :

1. trouver une définition d'un pont.
2. étudier les ponts de leur région.
3. concevoir et construire un modèle de pont.

Matériaux

Vous aurez besoin de :

Chaque équipe de 2 ou 3 étudiants aura besoin de :

- 1 ensemble K'NEX Education Introduction aux Structures : les Ponts, ainsi que le Livret d'Instructions
- Quelques feuilles de papier
- Marqueurs ou crayons

- Un exemple de bleu de plan d'architecte (facultatif)

- Sites internet de références :

www.freefoto.com

www.brantacan.co.uk

www.howstuffworks.com/bridge/

www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/

- Ces sites internet permettent un usage gratuit de leurs images pour des buts éducatifs.

NOTE : Pour les activités suivantes, les étudiants doivent avoir un minimum de connaissances préalablement acquises grâce aux activités d'introduction (forces, formes, charges, matériaux...). Une discussion plus précise axée sur les charges est prévue dans la section suivante.

Procédure

Introduction

- Demandez aux étudiants "Qu'est-ce qu'un pont?". Inscrivez leurs commentaires au tableau en tentant de relier les points communs. Aidez-les à composer une définition du pont en tant que structure assurant un passage par dessus un obstacle.

- Demandez aux étudiants d'imaginer à quoi ressemblaient les premiers ponts. Inscrivez aussi ces réponses au tableau.

- Demandez aux étudiants d'identifier :

- 3 raisons de l'utilisation des ponts de nos jours.

Le pont est une structure permettant aux humains, aux animaux ou aux véhicules de traverser un obstacle sur leur route. Quelques étudiants pourraient aussi mentionner que les ponts permettent le passage de pipelines ou d'aqueducs.

Les réponses varieront : troncs d'arbres au-dessus d'un ruisseau, pierres ou rochers, lianes utilisées pour traverser un cours d'eau...

Pour traverser des routes ou autoroutes, des rivières, pour traverser d'un édifice à un autre, pour traverser une vallée en voiture...

- 3 obstacles empêchant quelqu'un de continuer sa route.

Rivière, vallée, ravin, estuaire, route ou autoroute, étendue d'eau entre des îles...

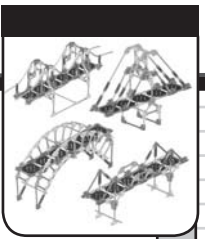
- Comment peut-on traverser ces obstacles sans utiliser un pont?

Traverser à gué dans une rivière, utiliser des rochers, tenter de contourner en trouvant un endroit où traverser...

- Demandez aux étudiants d'observer les photographies de ponts du Livret d'Instructions et des obstacles qu'ils surmontent. Demandez-leur d'observer les différences entre ces ponts. Pour faciliter l'activité, demandez-leur de se concentrer uniquement sur les ponts suivants : le pont-poutres (pages 2 et 3), le pont à arches (page 10) et le pont suspendu (page 12).
- Demandez-leur de nommer quelques exemples de ponts dans votre communauté. Si possible, emmenez la classe observer l'un de ces ponts pour en identifier les caractéristiques. Sinon, demandez aux étudiants d'essayer de nommer les caractéristiques d'un des ponts de votre communauté. Quels sont les matériaux utilisés? Quel obstacle franchit-il? Demandez-leur d'en faire une esquisse et d'estimer les dimensions du pont. Les étudiants devraient inscrire ces informations et observations dans leur Journal.
- Grâce à une carte de votre ville, demandez aux étudiants d'identifier tous les ponts. Demandez-leur d'imaginer comment il serait difficile de voyager de certaines parties de la ville à d'autres sans ces ponts.
- Discutez de l'évolution des ponts depuis les troncs d'arbres et les pierres utilisés pour traverser un ruisseau. Cependant, les étudiants doivent être conscients que ces ponts simples sont toujours utilisés dans plusieurs parties du monde. Expliquez qu'ils tenteront maintenant de comprendre le défi des ingénieurs confrontés au besoin de construire des ponts de plus en plus longs, mais pouvant transporter des charges de plus en plus lourdes.

Activité de construction

- Divisez la classe en équipes de 2 ou 3 étudiants et distribuez un ensemble K'NEX Education par équipe.
- Demandez aux étudiants de prendre le Livret d'Instructions et revoyez avec eux les Conseils de construction, particulièrement l'information à propos des connecteurs gris et bleu. Allouez quelques minutes aux étudiants pour explorer le matériel, il est important qu'ils comprennent les principes de construction pour éviter d'éventuelles frustrations.
- Établissez quelques consignes pour le déroulement de l'activité.
- Rappelez aux étudiants qu'ils disposeront de 5 minutes à la fin de l'activité pour ranger le matériel.



- Expliquez aux étudiants qu'ils utiliseront le matériel K'NEX pour fabriquer un pont. Discutez de la méthode qu'utilisent les ingénieurs, une fois la conception terminée, pour observer, étudier et tester leur pont (miniature du modèle). À partir de ces modèles, les instructions de construction spécifiques, les bleus, sont imprimés. Les constructeurs suivent ces instructions pour construire le vrai pont. Si vous pouvez vous procurer un bleu, étudiez en classe les informations qui s'y retrouvent.
- Attirez l'attention des étudiants sur le fait que les bleus, comme les plans ou les cartes, n'offrent qu'un aperçu bidimensionnel de la structure. Le plan montre la longueur et la largeur de la structure, alors que l'élévation montre la hauteur et la longueur ou la largeur (jamais les deux). Faites un schéma au tableau pour illustrer cette particularité.

Activité de découverte :

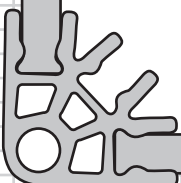
Étapes

1. Demandez aux étudiants de construire un pont selon les consignes suivantes :
 - (i) le pont doit relier deux tabliers distants de 30 à 40 cm.
 - (ii) les seules pièces utilisées sont celles comprises dans l'ensemble K'NEX Education.
 - (iii) le pont doit pouvoir supporter une chaussure pendant au moins 15 secondes sans s'effondrer.
 - (iv) vous décidez quel obstacle ce pont traverse.
2. Expliquez que le pont construit par chacune des équipes peut être de n'importe quelle taille ou forme, mais qu'ils doivent prendre en considération :
 - (i) les caractéristiques de l'obstacle à franchir.
 - (ii) les véhicules ou les personnes qui l'utiliseront.
 - (iii) la charge à supporter (la chaussure).
3. Les étudiants devraient avoir suffisamment de temps pour construire leur pont à partir des pièces K'NEX. Le modèle doit être résistant et conçu en fonction de l'obstacle à franchir.
4. Ils devraient vérifier la stabilité et s'assurer que la structure peut supporter la charge (chaussure).
5. Une fois la construction terminée, les étudiants devront dessiner un bleu de leur modèle sur une feuille de papier. La précision est de rigueur.

NOTE : Si les étudiants sont en mesure de comprendre le dessin à l'échelle, demandez-leur d'en appliquer les principes.

Mise en application

- Les équipes peuvent présenter leurs modèles à la classe et décrire :
 - l'obstacle que le pont franchit.
 - qui ou quoi peut utiliser ce pont.
 - les caractéristiques clés utilisées pour la construction du modèle.
- Les étudiants peuvent utiliser leurs propres définitions ou vous pouvez profiter de l'occasion pour introduire les concepts-clés relatifs aux ponts. Photographiez les modèles ou enregistrez les présentations.



- Les étudiants doivent maintenant démontrer que leur modèle réussit l'épreuve de la chaussure.

Demandez aux étudiants d'inscrire une définition du pont dans leur Journal en utilisant les termes "structure" et "obstacle".

PONT : _____

- Demandez aux étudiants d'inscrire dans leur Journal :

- 5 utilisateurs de pont.

Permet le passage aux piétons, aux animaux, aux véhicules (voitures, camions, bicyclettes...), aux pipelines, à l'aqueduc...

- 5 obstacles franchis par des ponts.

Rivière, canal, ruisseau, vallée, ravin, estuaire, marais, autoroute, voie ferrée, espace entre deux édifices, intersections de routes...

- 5 mots-clés relatifs aux ponts.

Traverser, supporter, relier, au-dessus...

NOTE : Si possible, conserver les modèles pour la prochaine activité.

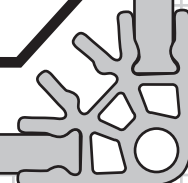
Pour aller plus loin

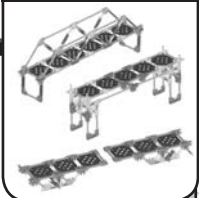
- Donnez un petit défi à vos étudiants : demandez-leur de faire semblant d'être des entrepreneurs et d'échanger les plans dessinés. Ils devront ensuite construire le pont représenté sur le nouveau bleu. Ils doivent seulement utiliser le bleu et ne pas se référer au modèle construit par l'autre équipe.
 - Demandez à chaque équipe de vérifier si leur plan a été respecté.
 - Discutez ensemble du processus et demandez aux étudiants de décrire le bleu et les étapes de la construction dans leur Journal.
- Demandez aux étudiants de travailler en équipe de 2 pour trouver des photographies de ponts. Ils peuvent se référer aux sites internet suivants :
www.brantacan.co.uk www.howstuffworks.com/bridge www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/
 Suggérez-leur de trouver les photographies de différents types de ponts et de différents obstacles franchis par ces ponts. L'emphasis devrait être mise sur des ponts dont les différences peuvent être identifiées visuellement par les étudiants. Ils ne sont pas tenus de connaître les noms des types de ponts. Ils peuvent coller ces photographies sur une feuille pour ensuite inscrire le nom et les caractéristiques du pont lorsqu'ils les auront vus en classe.

Vérification du Journal

Les étudiants devraient inscrire leurs observations dans le Journal. Les informations suivantes devraient y être inscrites.

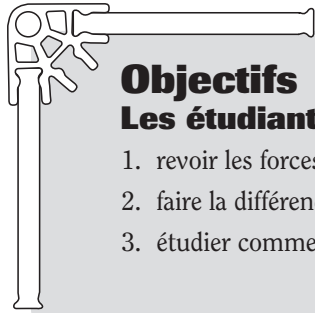
- ✓ Description et esquisse d'un pont local.
- ✓ Définition d'un pont.
- ✓ Liste d'utilisateurs et d'obstacles.
- ✓ Listes de mots-clé relatifs aux ponts.





Les ponts sont-ils tous les mêmes?

Comment les ponts supportent-ils leur charge?



Objectifs

Les étudiants devront :

1. revoir les forces agissant sur les structures.
2. faire la différence entre trois types de ponts.
3. étudier comment un pont supporte sa charge.

Matériel

Chaque équipe de 2 ou 3 étudiants aura besoin de :

- Modèles de pont construits à l'activité précédente
- Le Livret d'Instructions
- Objets pour représenter une charge (livre, poids...)
- Crayons ou marqueurs
- Journal de l'étudiant

Vous aurez besoin de :

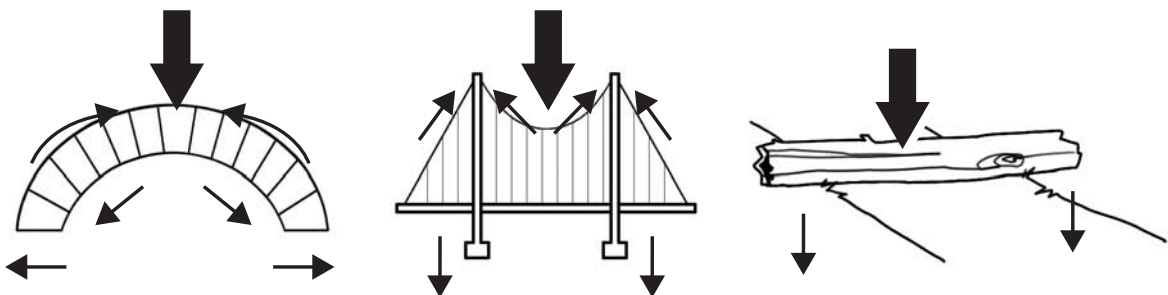
- Une longue planche (suffisamment légère pour être manipulée par les étudiants)
- Deux pèse-personnes
- 4 ou 5 livres assez lourds

Procédure

Introduction

- Demandez aux étudiants de revoir les photographies des pages 3, 10 et 12 dans le Livret d'Instructions. Demandez-leur d'expliquer en quoi ces photographies sont différentes l'une de l'autre. Ils doivent observer le nom donné à ces différents types de ponts et tenter de deviner pourquoi ils se nomment ainsi.
- Dessinez ces schémas de ponts au tableau en vous inspirant des réponses données ci-haut. Ajoutez quelques mots-clés nommés par les étudiants. Les schémas suivants peuvent être utilisés, mais à cette étape, omettez les flèches.

Les flèches seront rajoutées en cours de route.



Activité de découverte

Rappelez aux étudiants que les forces agissent toujours sur les structures. Demandez à la classe de nommer quelques unes de ces forces.

Expliquez que les ponts construits pendant la dernière activité serviront à étudier les différentes forces en action sur chacun des types de ponts.

Écrasement/ compression, tirer/ tension, plier, tordre/ torsion, glissement/ cisaillement.

Si le pont de l'activité précédente est démonté, accordez quelques minutes pour en reconstruire un nouveau.

NOTE : Demandez aux étudiants de porter les lunettes de sécurité lorsqu'ils testent leurs modèles.

Étapes

1. Demandez aux étudiants d'examiner la façon dont leur pont est supporté et de décider s'il s'agit d'un pont-poutres, d'un pont à arches ou d'un pont suspendu.

La plupart auront construit un pont-poutres.

2. Demandez-leur de placer une charge sur le pont (chaussure, livre, poids...) et d'observer ce qui se produit aux diverses parties du pont. Ils peuvent augmenter la charge pour continuer leurs observations. Ils devraient identifier :

- quelles sont les parties soumises à la compression, la tension ou au pliage;

Les étudiants peuvent être plus à l'aise d'utiliser des termes comme plier, pousser l'un contre l'autre, écarter, etc. Acceptez ces mots, mais apprenez-leur les termes plus techniques.

- quels sont les effets de l'augmentation de la charge sur les supports du pont;

- quelle partie du modèle s'effondre en premier.

Demandez aux étudiants de dessiner dans leur Journal des esquisses de leurs ponts. Ces esquisses doivent être étiquetées et les effets de leur charge doivent être indiqués. Ils pourraient, par exemple, identifier les parties qui plient ou qui ont changé de position.

3. Demandez aux étudiants d'appliquer leurs observations sur le modèle aux schémas des trois types de ponts dessinés au tableau. Demandez-leur de suggérer à quels endroits les forces sont au travail sur chacun des ponts. Dessinez les flèches de forces selon les suggestions des étudiants.

Pour des étudiants plus jeunes, concentrez-vous seulement sur le pont-poutres.

NOTE : Les flèches peuvent être utilisées sur les schémas de ponts pour montrer les directions dans lesquelles les forces sont appliquées et transférées le long de la structure du pont. La plupart des sites internet que vous avez pu observer précédemment utilisent les flèches pour les mêmes raisons. Vous pouvez utiliser des couleurs différentes pour chaque force en action.

Légende :



Une flèche assez épaisse pointant vers le bas représente la charge.



Les flèches le long des poutres, câbles ou arches représentent les tensions et les compressions.



Les flèches devant les aboutements et les piliers représentent le transfert de poids vers le sol.

Par exemple : toutes les flèches sur une arche indiquent la compression alors que la plupart des flèches sur une poutre triangulée ou une poutre représentent une combinaison de compression et de tension.

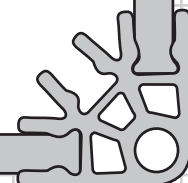
4. Discutez ensemble des différents types de **CHARGES** qu'un pont peut supporter.

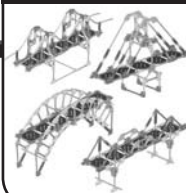
(a) Inscrivez les réponses des étudiants au tableau.

(b) Aidez les étudiants à reconnaître les principales catégories de charges :

- **Poids mort :** le poids des matériaux utilisés pour construire le pont. Pour la plupart des ponts, la charge la plus lourde pouvant être supportée par un pont est son propre poids.

- **Charge variable :** le poids de la circulation sur le pont.





(Pour des étudiants des années supérieures)

Charge environnementale : les effets des vents forts, de la glace, de la neige ou des tremblements de terre.

Charge périodique : L'impact soudain créé par certains usagers du pont lorsqu'ils le traversent (par exemple : train de marchandise ou camions lourds).

- (c) Demandez aux étudiants d'observer la liste au tableau et d'organiser les charges en catégories. Les observations doivent être notées dans leur Journal.
5. Expliquez qu'un pont correctement conçu doit distribuer le poids de ces charges vers le bas et dans les fondations ou les équilibrer grâce à des forces opposées. Demandez deux volontaires pour illustrer ce principe.

NOTE : Il peut être indiscret de demander aux élèves de mentionner leur poids à la classe lorsqu'ils seront sur le pèse-personne. Si nécessaire, aidez-les à additionner leur poids à celui de la planche.

- (a) Installez deux pèse-personnes en prévoyant la distance de la planche entre les deux.
- (b) Demandez au premier volontaire de monter sur un pèse-personne. Mentionnez que cet étudiant représente un pilier qui supporte un pont. Demandez à l'étudiant de retenir son propre poids.
- (c) (i) Donnez la planche à l'étudiant et demandez-lui de la tenir à l'horizontale. Cette planche sera le tablier du pont.
- (ii) Quel est le nouveau poids indiqué par le pèse-personne?
- (iii) Demandez à l'étudiant de tenir la planche verticalement. Le poids a-t-il changé?

Le poids demeure le même malgré la direction dans laquelle la planche est tenue.

- (d) Les étudiants doivent conclure que le poids de toute la "structure", incluant le pilier, presse vers le bas à travers le pilier.
- (e) Demandez aux étudiants d'imaginer que le poids voyage le long du tablier du pont et descend dans le pilier jusqu'au pèse-personne. Demandez à quelqu'un de dessiner ce schéma au tableau en utilisant des flèches de force.
- (f) Pesez la planche et inscrivez les résultats dans le tableau 1.
- (g) Demandez au deuxième étudiant de monter sur l'autre pèse-personne et de retenir son propre poids. Les deux volontaires doivent tenir une extrémité de la planche. Demandez au reste de la classe d'émettre des hypothèses sur le poids de la "structure" et de sa distribution.
- (h) Pour vérifier les hypothèses, demandez à chaque étudiant de calculer de combien le poids a augmenté sur son pèse-personne. Les réponses doivent être inscrites dans le tableau 1.
- (i) NOTE : Vous pouvez ajouter des poids sur la planche à l'étape (g) pour simuler une charge variable.

Les réponses peuvent varier, mais la réponse principale devrait être que le poids sera réparti également.

Tableau 1

Poids de la planche	Augmentation du poids sur le pilier 1	Augmentation du poids sur le pilier 2	Augmentation totale du poids sur les piliers

Mise en application (activité d'évaluation)

- Les étudiants devraient inclure une brève description des types de charges supportées par un pont en complétant les points suivants :

CHARGE VARIABLE : _____

POIDS MORT : _____

(Pour les niveaux plus avancés)

CHARGE ENVIRONNEMENTALE : _____

CHARGE PÉRIODIQUE : _____

- Discutez des résultats de l'expérience sur la distribution de poids et demandez à la classe d'inscrire ces résultats dans leur Journal. Ils devraient y copier le tableau 1.
- Demandez aux étudiants de compléter les esquisses du pont-poutres, du pont à arches et du pont suspendu en ajoutant des flèches pour indiquer la direction vers laquelle le poids est transféré..

Pour aller plus loin

1. Demandez aux étudiants d'observer trois différentes structures à la maison (table, chaise, lampe...). Ils doivent dessiner un schéma de chacune de ces structures et démontrer comment elles supportent leur charge en utilisant les flèches de direction.

Vérification du Journal (activité d'évaluation)

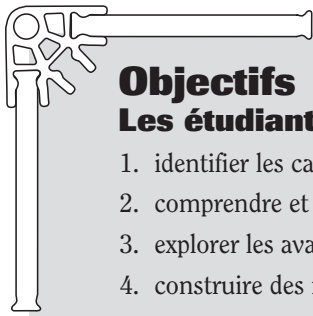
- ✓ Schémas des ponts construits identifiés et flèches de forces.
- ✓ Tableau 1 complet et explication des résultats.
- ✓ Schémas du pont-poutres, du pont à arches et du pont suspendu, avec flèches de forces.
- ✓ Descriptions et catégorisations des types de charges.





Le pont-poutres :

Classification des composantes et façons de renforcer le pont-poutres



Objectifs

Les étudiants devront :

1. identifier les caractéristiques de base d'un pont-poutres.
2. comprendre et utiliser le vocabulaire associé au pont-poutres.
3. explorer les avantages, désavantages et les meilleures applications d'un pont-poutres.
4. construire des modèles de pont-poutres en utilisant le matériel K'NEX.

Matériaux

Chaque équipe aura besoin de :

- 1 ensemble K'NEX Education et le Livret d'Instructions
- Quelques poids (10 à 100 grammes)
- Le Journal de l'étudiant

Vous aurez besoin de :

- 1 pont-poutres construit avec les pièces K'NEX
- 1 morceau de caoutchouc mousse d'environ 30 x 6 x 6 cm)
- Marqueur

Procédure

Introduction

- Expliquez aux étudiants que cette leçon sera axée sur l'étude d'un type de pont appelé le pont-poutres. C'est le pont le plus simple et c'est sûrement le premier type de pont à avoir été utilisé (probablement un tronc d'arbre tombé en travers d'un cours d'eau). Les ponts-poutres modernes sont faits d'acier et peuvent être des structures assez complexes, mais ils sont tous semblables dans leur manière de supporter leur propre poids et la charge qu'ils supportent sur des piliers verticaux.

- Accordez quelques minutes aux étudiants pour observer le pont-poutres K'NEX. Demandez-leur de nommer les parties du pont qui servent de support. Inscrivez au tableau les termes utilisés.



Supports, piliers, tours, bâtons, etc.

- Rappelez-leur le terme **pilier**, utilisé par les constructeurs pour désigner les supports verticaux d'un pont. Demandez aux étudiants d'utiliser leurs propres mots pour identifier les autres parties du pont et ensuite, introduisez les termes suivants.

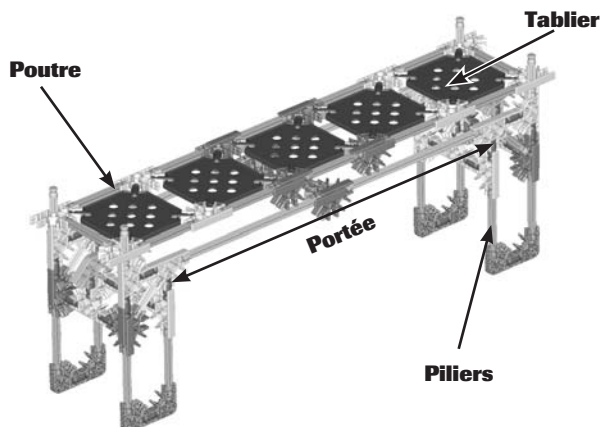
Poutre : la charpente horizontale reposant sur les piliers.

Portée : la distance entre les piliers.

Tablier : la surface du pont servant à la circulation.

Rampe : la section inclinée qui relie la rive au tablier.

Main courante : la barrière de protection le long du tablier qui empêche la circulation de tomber de l'autre côté.



Développez une liste de vocabulaire pour les prochaines activités.

Activité de découverte I : Quelle peut être la longueur maximale d'un pont-poutres avant qu'il ne s'effondre?

Étapes

NOTE : Demandez aux étudiants de porter les lunettes de sécurité lorsqu'ils testent leurs modèles.

- Expliquez aux étudiants que leur première expérience consistera à observer ce qui se produit lorsqu'une structure simple s'allonge. Avant qu'ils ne commencent l'expérience, posez-leur les questions suivantes.
 - Quel est l'effet sur la capacité de transporter une charge lorsque le pont devient plus long?
 - Comment peuvent-ils tester leurs idées?
 - Quelles mesures sont nécessaires?
 - À quel endroit sur le pont ces mesures doivent-elles être effectuées?
 - Quelles sont, selon eux, les parties faibles de la structure?

Ces hypothèses devraient être inscrites dans le Journal.

- (a) Divisez la classe en groupes de 4 à 6 étudiants et distribuez 2 ensembles K'NEX Education à chacune des équipes.

Expliquez qu'ils doivent construire un pont entre deux bureaux (ou chaises ou boîtes...). Accordez-leur suffisamment de temps pour réaliser le modèle.

NOTE : Il devrait y avoir suffisamment d'espace pour suspendre des poids sous le pont. Sinon, les étudiants doivent trouver des alternatives pour mesurer la charge du ajoutée sur le pont.

L'endroit le plus simple pour placer la charge est le centre de la portée. Le pont peut être construit en utilisant les longues tiges vertes et les connecteurs noirs, en commençant par 2,3, 3...6. À chaque étape, ils doivent mesurer la capacité de transport de charge du pont.

- (b) Les étudiants devraient reporter la charge le long du pont. Ils peuvent utiliser le nombre de tiges comme mesure. Ils devraient inscrire leurs observations grâce à des notes et des schémas.

Les points faibles du pont K'NEX seront les connecteurs.

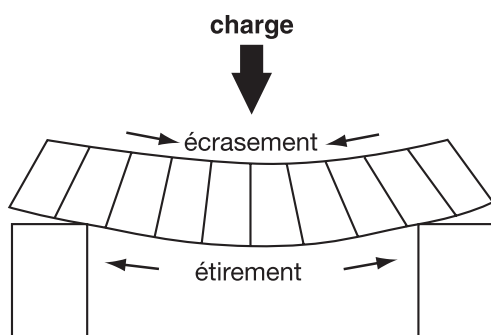


3. Discutez les résultats obtenus par les équipes.

Les étudiants devraient avoir découvert que plus la portée dans le pont-poutres augmente, plus il s'affaiblit. La poutre aura tendance à plier sous son propre poids et peut même briser sans aucune charge additionnelle. Dans le cas du pont K'NEX, le bris se fera au niveau des joints (connecteurs).

Une observation judicieuse de la façon dont la poutre s'effondre montre que les joints se séparent dans le bas. La poutre est donc étirée sur sa surface inférieure. Le dessus de la poutre est soumis à une compression. Éventuellement, les connecteurs lâcheront si une pression suffisante est exercée sur eux.

Cette activité permet une opportunité pour réviser les effets de la compression et de la tension sur une structure. Vous pourriez vouloir les démontrer encore une fois grâce au morceau de caoutchouc mousse utilisé à la page 6. En exerçant une pression au centre du morceau de caoutchouc mousse, on comprime la face supérieure (les lignes se rapprochent) et on crée une tension à la face inférieure (les lignes s'éloignent).



Demandez aux étudiants de classer les pièces K'NEX avant de passer à la prochaine activité. Divisez la classe en équipes de 2 ou 3 étudiants.

Activité de construction

- Demandez à chaque équipe de construire le modèle K'NEX du pont-poutres à la page 2 du Livret d'Instructions. Lorsque le modèle est terminé, allouez quelques minutes aux équipes pour l'observer. Ils pourraient par exemple faire circuler une voiture miniature sur le pont.

Activité de découverte II : Comment allonger et renforcer un pont-poutres?

Étapes

NOTE : Demandez aux étudiants de porter les lunettes de sécurité lorsqu'ils testent les ponts.

1. Demandez aux étudiants de placer leur pont sur une feuille de papier et de faire une marque devant la face interne de chacun des piliers. Ces marques serviront de point de référence lorsqu'ils sépareront les piliers. Suggérez d'appuyer sur les plaques noires à chaque extrémité du pont et de remarquer l'effet sur les tiges vertes et aux piliers.

Ils devraient remarquer que les tiges vertes ne subissent aucun changement et que les piliers ne bougent pas. Ils remarqueront cependant une petite dépression dans les plaques noires.

2. Ils devraient maintenant appuyer sur la plaque centrale et observer l'effet sur les tiges vertes et sur les piliers.

Cette fois, ils devraient observer que la pression fait bouger les tiges et les connecteurs, ils plient légèrement, alors que les piliers s'écartent légèrement l'un de l'autre. Ils peuvent mesurer la distance de déplacement des piliers en traçant une autre marque.

3. Ajoutez des poids, une unité à la fois, au centre du pont et remarquez combien de poids la structure peut supporter avant de commencer à plier. Inscrivez l'augmentation du poids dans le tableau et indiquez grâce à un crochet le moment où le pont commence à plier. Si le temps le permet, continuez d'ajouter du poids jusqu'à ce que le pont s'effondre.

4. Placez une règle contre le pont, au centre de la portée, et mesurez les changements de distance sur le tablier lorsque le poids est ajouté.

Si le tablier commence à fléchir, les mesures devraient le démontrer.

5. (a) Demandez aux étudiants de construire le pont-poutres à long tablier (page 3 du Livret d'Instructions) et de répétez les étapes 2 et 3.

Les résultats devraient être semblables.

- (b) Répétez l'étape 4 en utilisant les poids. Inscrivez les résultats dans le tableau.

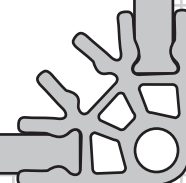
- (c) Les étudiants doivent comparer les résultats pour les deux versions du pont.

Tableau des résultats

Pont-poutres court	Poids	Poids	Poids	Poids	Poids
Les parties du pont plient					
Les piliers s'écartent					
Pont-poutres long	Poids	Poids	Poids	Poids	Poids
Les parties du pont plient					
Les piliers s'écartent					

Les étudiants devraient s'apercevoir que le pliage (fléchissement) des composantes du pont est plus important au centre du pont-poutres long et que les piliers s'écartent beaucoup plus. Ils devraient aussi remarquer que le pont s'effondre sous un poids beaucoup moins lourd.

6. Ensuite, demandez aux étudiants de retirer le tablier noir du pont-poutres long et de répétez les étapes 2 et 3 en appuyant directement sur les connecteurs des tiges vertes et des piliers. Ils doivent inscrire leurs observations dans leur Journal.





Mise en application (activités d'évaluation)

- Discutez des résultats de chacune des équipes concernant l'application d'une pression sur deux points des ponts et l'ajout de poids.

- Demandez aux étudiants d'utiliser leurs observations pour répondre aux questions suivantes dans leur Journal :

- Quel est le point faible de chacun des ponts?

Les étudiants devraient suggérer le centre du pont et les joints.

- Quel pont supporte le plus de poids?

Le pont-poutres court.

- Quel effet le tablier a-t-il sur la capacité de supporter une charge?

Le tablier assure une force additionnelle à la structure en ajoutant une couche qui résiste au pliage.

- Discutez comment les structures peuvent s'effondrer lorsqu'elles sont chargées et comment le poids de la structure lui-même doit être considéré, parce que dans les ponts, il peut aussi causer le fléchissement de la poutre.

- À cause de ce problème, les ingénieurs doivent développer des façons de renforcer les poutres pour ajouter de la force et réduire le pliage..

- Quelles sont les autres solutions?

Ajouter des piliers.

- Demandez à la classe de penser aux avantages et aux désavantages d'ajouter plus de piliers pour renforcer la poutre et créer plus de portées. Inscrivez leurs réponses au tableau.

Construire plus de piliers permet de construire un pont-poutres à plus d'endroits; construire des piliers sur terre est assez facile; augmente le coût de construction; la construction devient plus difficile si la fondation des piliers est dans l'eau; un espace doit être consacré à la navigation entre les piliers.

- Pourquoi le pont K'NEX n'agit-il pas comme les ponts-poutres sur les photographies?

Lorsqu'ils sont chargés, les deux piliers K'NEX s'écartent pendant que la poutre fléchit. Dans les photographies, les extrémités des piliers sont ancrées. En empêchant les extrémités des piliers K'NEX de bouger, la rigidité et la force du pont K'NEX sera améliorée.

- Demandez aux étudiants de compléter la Feuille d'activités 1 : les ponts-poutres pour résumer les notions acquises.

- Discutez de l'influence des limites du pont-poutres lorsqu'il s'agit de décider s'il doit être utilisé ou s'il faut penser à un autre type de pont.

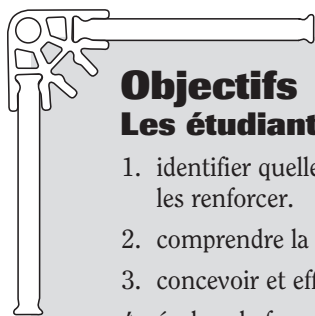
1. Demandez aux étudiants de réfléchir à ceci : :
“Si vous deviez concevoir un pont pour traverser une rivière, vous voudriez sûrement qu’il ait le moins de piliers possibles. Inscrivez les raisons de votre décision.” Les réponses doivent être inscrites dans leur Journal.
2. Demandez aux étudiants de trouver des photographies de ponts-poutres ou de penser à des ponts locaux. Ils doivent comparer les piliers, les poutres et les portées de ces exemples. Suggérez qu’ils pensent aux matériaux utilisés pour les piliers (bois, métal, béton), à leur taille relative (courts, hauts, étroits, larges), à leur espacement (rapprochés, éloignés), à leur ancrage (dans l’eau, sur terre). Les poutres peuvent être courtes ou longues, étroites ou larges, en bois, en métal ou en béton, conçues pour des piétons ou des véhicules. Les portées peuvent varier en quantité et en longueur.

- ✓ Réponses de l'étape 1 de l'activité de construction 1.
- ✓ Schémas et observations du test du pont.
- ✓ Tableau complet de l'activité de construction 2.
- ✓ Comparaison entre le pont-poutres court et le pont-poutres long.
- ✓ L'effet du tablier sur le pont-poutres.
- ✓ Feuille d'activité complète identifiant les différentes parties du pont-poutres.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Le pont en poutre à treillis :

Expérimenter la force de la structure d'un pont en poutre à treillis



Objectifs

Les étudiants devront :

1. identifier quelles structures peuvent s'effondrer et explorer les méthodes utilisées pour les renforcer.
2. comprendre la nécessité d'un concept expérimental bien testé.
3. concevoir et effectuer une expérience.
4. évaluer la force d'un pont en poutre à treillis à travers l'expérimentation.
5. expliquer pourquoi la poutre triangulée est une structure utile pour la construction de ponts ou d'autres structures.

Matériaux

Chaque équipe de 2 ou 3 étudiants aura besoin de :

- 1 ensemble K'NEX Education Introduction aux structures : les ponts et le Livret d'Instructions
- Des poids (10 à 1000 grammes) ou des objets lourds (livres...)
- Papier
- Crayon
- Marqueurs
- Balance
- Ficelle
- Journal de l'étudiant

Procédure

Introduction

- Rappelez aux étudiants leurs expérimentations à propos du pont-poutres. Réviser les différentes méthodes pour stabiliser ou renforcer ce type de pont.
- Rappelez à la classe qu'ajouter des piliers à un pont-poutres n'est pas toujours la meilleure solution, surtout si ce pont traverse un cours d'eau très large ou profond. Demandez-leur pourquoi.
- Suggérez aux étudiants qu'un tablier de très longue portée serait alors préférable. Demandez-leur de suggérer d'autres options que l'ajout de piliers. Inscrivez leurs idées au tableau et demandez-leur d'expliquer comment leur idée fonctionnerait.

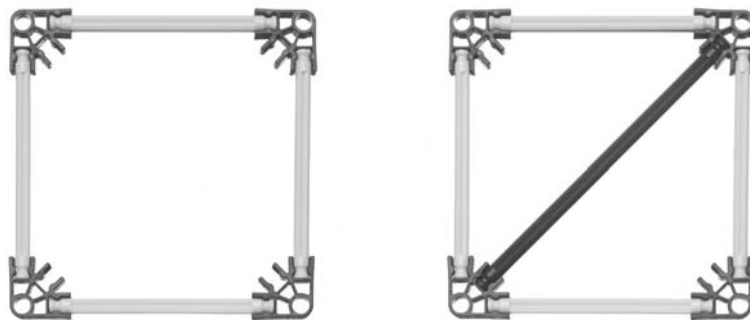
Les étudiants suggéreront sûrement l'ajout de piliers.

Il est difficile de placer les piliers dans l'eau, ou trop coûteux, ou ils seront trop longs et instables.

Les étudiants pourraient suggérer l'utilisation de matériaux plus rigides.

NOTE : Le laboratoire en ligne du site www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/ propose de l'information très intéressante sur ce sujet.

- Demandez à la classe quels autres types de structures sont solides et rigides – quelles formes sont utilisées dans ces structures? Si nécessaire, rappelez aux étudiants qu'une structure rectangulaire peut être renforcée en ajoutant une diagonale. Les étudiants doivent pouvoir explorer ce concept si les activités préparatoires n'ont pas été réalisées.



Activité de construction facultative

- Demandez aux étudiants de construire un carré en utilisant 8 pièces K'NEX (4 tiges bleues et 4 connecteurs gris foncé à 90 degrés).

- Demandez-leur d'essayer de tordre légèrement le carré. Ensuite, demandez-leur d'ajouter une tige (tige gris foncé) à ce carré et de noter leurs observations.

Le carré est moins flexible.

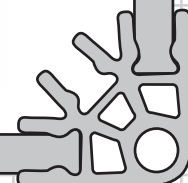
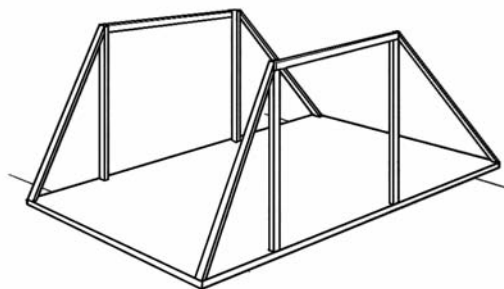
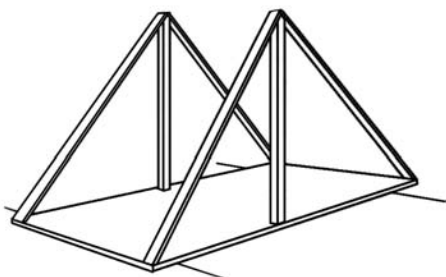
- Quelle forme ont-ils créée dans leur rectangle?

Deux triangles.

- Expliquez à la classe que les triangles sont des formes particulièrement solides – il s'agit en fait de la seule figure géométrique ne pouvant être déformée. Demandez à la classe de nommer des structures triangulaires.

Les étudiants peuvent suggérer les bases triangulaires d'une balançoire, les pignons d'une toiture...

- Expliquez comment les ingénieurs utilisent les triangles pour former une charpente nommée poutre triangulée. Les poutres triangulées peuvent être utilisées pour construire de longues portées et renforcer une structure sans ajouter de poids au pont. Le pont en poutre à treillis est conçu comme une charpente de triangles qui empêche une structure de plier, de se tordre ou de se déformer.





- Vous pourriez profiter de cette opportunité pour introduire le terme stabilité dans sa relation aux ponts : la stabilité est la capacité de résister aux déformations ou aux effondrements lorsqu'une force ou une charge est appliquée. Voir la section Concepts-clés pour plus d'informations.
- Expliquez aux étudiants qu'ils construiront un certain nombre de versions d'un pont en poutre à treillis et qu'ils étudieront la force de ce système.
- Divisez la classe en équipes de 2 ou 3 étudiants et distribuez un ensemble K'NEX Education par équipe.

Activité de construction I :

- Demandez à chaque groupe de construire l'étape 1 du pont en poutre à treillis Warren montré à la page 4 du Livret d'Instructions.
- Expliquez qu'ils ne doivent pas construire les étapes 2 et 3 tant qu'ils n'auront pas testé la capacité de ce pont-poutres.

Activité de découverte I : Quelle est la force du pont sans la structure en poutre triangulée.

Étapes

NOTE : Demandez aux étudiants de porter les lunettes de sécurité lorsqu'ils testent leurs ponts.

1. Demandez aux étudiants d'examiner leur pont de base en appuyant dessus et en prévoyant le poids qu'il pourra supporter.
 2. Demandez à la classe quelle serait une façon juste de mesurer la force du pont. Ils doivent comprendre que la seule façon d'obtenir des résultats valables est de toujours employer la même méthode pour comparer.
 3. Les étudiants proposeront sûrement d'utiliser les poids pour mesurer la force du pont. Demandez-leur d'expliquer comment ils placeront les poids. Vous pourriez introduire la notion de "variable" à cette étape. Aidez les étudiants à comprendre que la façon de placer les poids devra être la même pour chacun des tests. De cette façon, la seule variable sera le poids lui-même et non la façon dont ce poids est distribué.
- NOTE :** Suspendre le poids sous le pont est un test plus probant que de le placer simplement sur le tablier. Cependant, pour suspendre les poids, le pont doit être situé entre deux bureaux ou deux chaises.
4. Les résultats du test doivent être inscrits. Quel est le poids maximal supporté? Quels sont les points faibles du pont? Inscrivez les résultats au tableau.
 5. Demandez aux étudiants d'observer ces résultats. Certaines équipes ont-elles obtenu des résultats différents? Quelles pourraient être les raisons?

Activité de construction II :

- Demandez aux étudiants d'effectuer les réparations nécessaires à leur modèle et de continuer en construisant les étapes 2 et 3 dans le Livret d'Instructions.

Activité de découverte II : Le pont est-il renforcé par l'ajout d'une structure de poutre triangulée?

Étapes

NOTE : Demandez aux étudiants de porter les lunettes de sécurité.

1. Les étudiants devraient tester encore une fois leur modèle grâce à la méthode utilisée précédemment.
2. Lorsque tous les résultats ont été inscrits, demandez-leur de se placer en équipes de 4 à 6 étudiants et de construire les deux variantes du pont à poutre en treillis Warren : le Howe et le Baltimore. Ces modèles sont présentés à la page 5 du Livret d'Instructions.

Vous devriez garder en référence un ou deux modèle(s) du pont Warren.
3. (i) Lorsque les équipes ont terminé les deux ponts, demandez-leur d'observer les structures.

Les étudiants devraient remarquer que le nombre de poutres triangulées varie.

(ii) Demandez-leur de faire des prédictions à propos du rapport entre le nombre de poutres triangulées dans une structure et sa force. Ces hypothèses doivent être inscrites dans le Journal.
4. (i) Demandez à chaque équipe de tester leurs nouveaux modèles et d'inscrire les résultats dans le tableau suivant. Les étudiants doivent également dessiner des schémas des modèles.

(ii) Demandez-leur de compter le nombre de triangles utilisés dans chaque structure. Les résultats doivent être inscrits dans le tableau suivant.

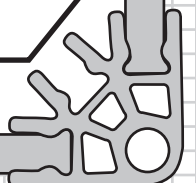
(iii) Quelles conclusions peuvent-ils tirer grâce à leurs observations?

Ils devraient noter qu'une charpente plus complexe (comportant plus de triangles) est plus stable et plus solide.
5. Réviser les acquisitions. Demandez pourquoi il n'aurait pas été juste d'inclure à cette expérience le modèle du pont en poutre à treillis K. Demandez-leur d'observer attentivement ce modèle et de le comparer aux 3 modèles des pages 4 et 5.

Vous pouvez aider les élèves à comprendre que le modèle du pont en poutre à treillis en K est d'une longueur différente que les autres modèles de ponts.

Tableau des données

Nom du pont	Charge maximale (poids)	Nombre de triangles de la structure
Pont Warren		
Pont Howe		
Pont Baltimore		





Mise en application (activité d'évaluation)

- Révisez les acquisitions suivantes :

- Quelle est le nom de la charpente de triangles ajoutée au pont-poutres?

Poutre triangulée.

- En ajoutant une charpente de triangles, quel est l'effet sur la hauteur de la poutre?

Elle a augmentée.

- Pourquoi les ingénieurs ajoutent-ils des triangles pour ces structures?

La forme du triangle est reconnue pour sa force et empêchera la poutre de plier et de se tordre. Elle augmente la stabilité de la structure en la rendant plus rigide.

- Faites référence aux résultats des étudiants à propos de la relation entre le nombre de triangles et la capacité de charge d'une structure. Demandez-leur de résumer leurs observations dans le Journal en utilisant le vocabulaire approprié.

- Demandez aux étudiants d'expliquer dans leur Journal pourquoi leurs tests de la force des ponts était "juste".

(Pour les niveaux plus avancés)

- Mentionnez à la classe les avantages d'un modèle de pont en poutre à treillis.

- Référez les étudiants à l'information de la page 5 du Livret d'Instructions, expliquant comment ce type de pont a été inventé pour supporter des trains très lourds, mais aussi l'impact de la **CHARGE PÉRIODIQUE** (voir la section Concepts-clés). Les ingénieurs constructeurs ont découvert que l'ajout de triangles à la structure leur permettait d'utiliser de grandes poutres pour supporter des **CHARGES VARIABLES**, pesant plus de 100 tonnes et en mouvement.

- Les poutres triangulées ne rendent pas seulement la poutre plus rigide, mais elles distribuent les forces de compression et de tension à travers la structure lorsqu'une charge est appliquée. Dans le cas du pont-poutres, le dessus de la poutre était comprimé et le dessous était sous tension et commençait à plier. Grâce aux poutres triangulées, la tension du dessous du tablier est transférée aux parties des poutres triangulées, donc le tablier demeure rigide. C'est très important, surtout lorsque des charges très lourdes traversent le pont.

- Demandez aux étudiants de considérer comment un pont en poutre à treillis peut supporter efficacement des vents violents. Aidez-les en leur faisant comprendre qu'une structure ouverte laisse passer le vent, donc réduit l'impact de la force **CHARGE ENVIRONNEMENTALE** sur la structure.

- Explorez certaines limites du pont en poutre à treillis en allongeant la portée. Demandez aux étudiants de considérer ce qui se produit en ajoutant de plus en plus de poutres triangulées à la structure afin de lui faire traverser des obstacles plus larges. Si nécessaire, rappelez aux étudiants les résultats de cette même expérience à la leçon précédente.

Ils devraient répondre que le POIDS MORT du pont augmente jusqu'à ce qu'il soit trop élevé pour se supporter lui-même. Un tablier plus long implique aussi qu'il y a plus de place pour une CHARGE VARIABLE plus grande, donc plus de circulation sur le pont.

- Demandez aux étudiants d'inscrire les avantages et les désavantages du pont en poutre à treillis dans leur Journal. Ils devraient être en mesure de préciser quels types de charges le pont doit supporter.

Pour aller plus loin

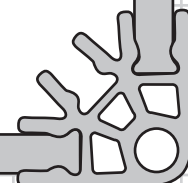
1. Demandez aux étudiants de noter les ressemblances entre le pont-poutres et le pont en poutre à treillis. En quoi sont-ils différents?
2. À faire en équipe de deux :
Demandez aux étudiants de concevoir un pont en poutre à treillis et d'en dessiner les plans. Chaque équipe peut ensuite construire son pont ou demander à une autre équipe de construire le pont en suivant le plan.
3. **Tâche de conception** : construire un pont en poutre à treillis de 50 cm de long pouvant supporter le poids d'un dictionnaire.
 - Deux équipes se combinent pour former une équipe d'ingénieurs.
 - Ils ont 10 minutes pour la conception et 20 minutes pour construire leur pont. Ils peuvent utiliser le contenu de leurs deux ensembles K'NEX.
 - Chaque équipe doit ensuite tester la solidité du pont alors que les autres équipes observent. Demandez à chaque équipe de :
 - (i) décrire les problèmes rencontrés et les solutions apportées.
 - (ii) suggérer des façons d'améliorer leurs modèles.

Encouragez les étudiants à utiliser le vocabulaire adéquat.
4. Demandez aux étudiants d'utiliser la Feuille d'activités 2 : Poutres triangulées enchevêtrées, pour identifier le plus de variations possible dans les modèles de poutres triangulées. Les modèles avec lesquels ils sont le moins familiers peuvent être identifiés par une brève recherche en bibliothèque ou sur internet.

Les étudiants devraient identifier que les deux sont des ponts-poutres et sont à la base construits de la même façon. Cependant, le pont en poutre à treillis est renforcé par une charpente de poutres triangulées. Ils doivent aussi comparer les matériaux dont chacun des ponts peut être construit.

Vérification du Journal (Matériel pour évaluation) :

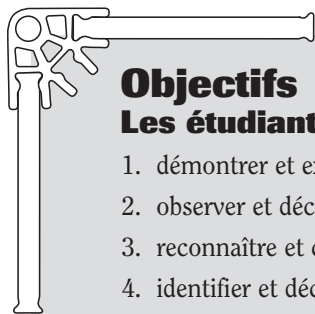
- ✓ Données sur le poids maximal supporté par chaque pont avant de s'effondrer (avec et sans structure à poutre triangulée).
- ✓ Tableau complet des données comparant les 3 différents ponts.
- ✓ Relation entre le nombre de triangles utilisés et la force d'un pont en poutre à treillis.
- ✓ Justification du test "juste".
- ✓ Avantages et désavantages du modèle de pont en poutre à treillis.





Le pont cantilever :

Un acte d'équilibre : identifier les caractéristiques distinctives des ponts cantilever



Objectifs

Les étudiants devront :

1. démontrer et expliquer le concept du cantilever.
2. observer et décrire les forces agissant sur une structure simple de pilier et de portée.
3. reconnaître et comprendre le relation spatiale entre les parties d'un pont cantilever.
4. identifier et décrire l'application du concept de cantilever dans d'autres structures.

Matériel

Chaque équipe de 2 ou 3 étudiants aura besoin de :

- 1 ensemble K'NEX Education Introduction aux structures : les ponts ainsi que du Livret d'Instructions
- Poids avec crochet (10 à 1000 grammes)
- 5 ou 9 livres de même format ou blocs de bois
- Journal de l'étudiant

Vous aurez besoin de :

- 5 mètres de bois
- 2 chaises
- 2 x 5-6 livres attachés ensemble par une ficelle

Procédure

Introduction

- Expliquez comment, alors que le commerce et les voyages se faisaient plus importants entre les régions et alors que de nouvelles formes de transport se développaient, la nécessité pour les ingénieurs de concevoir des ponts pouvant soutenir des charges plus lourdes sur de plus longues distances est apparue. Rappelez aux étudiants qu'à la leçon précédente ils ont découvert comment le pont en poutre à treillis a résolu certains problèmes rencontrés par les ingénieurs. Lorsqu'il a été le temps de construire un pont pouvant enjamber un estuaire, une autre solution a dû être trouvée.

- Demandez à la classe si le terme estuaire est bien compris.

L'embouchure d'une rivière ou d'un fleuve là où le cours d'eau rejoint la mer. C'est normalement la partie la plus large d'un cours d'eau et de plus l'estuaire est sujet à la marée.

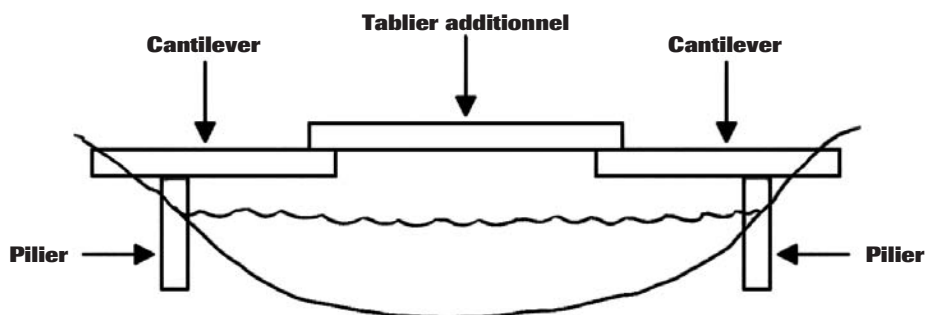
- Quels pourraient être les problèmes rencontrés par les ingénieurs construisant un pont pour traverser un estuaire?

Une grande étendue d'eau; les marais rendent difficile la construction de fondations; de grands navires peuvent avoir à y naviguer, les marées créent un changement quotidien important dans le niveau de l'eau...

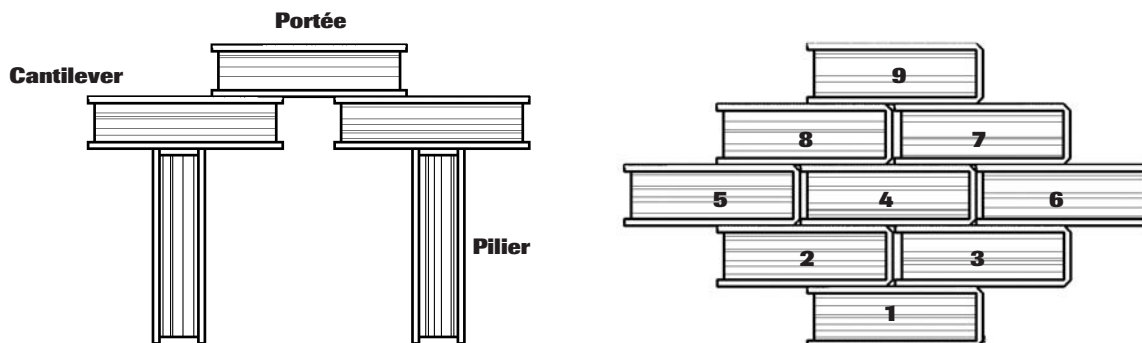
- Suggeriez que les étudiants recherchent le terme estuaire sur internet ou à la bibliothèque afin de vérifier pourquoi les ponts qu'ils ont conçus jusqu'à maintenant ne seraient pas appropriés pour cet endroit.
- Expliquez que dans certains cas, la traversée d'un estuaire peut se faire en construisant un tunnel, mais il ne s'agit pas toujours d'une solution pratique. Une alternative est de concevoir un pont cantilever. Ce type de pont n'est pas nouveau – de petits ponts cantilever de bois ont été construits en Chine et au Tibet il y a plus de 2000 ans – mais les ponts cantilever plus longs, pouvant supporter une circulation intense, ne pouvaient être construits avant que l'acier ne soit disponible (à la fin du 19e siècle).

Qu'est-ce qu'un cantilever?

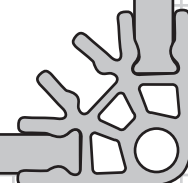
- Aidez les étudiants à comprendre que le pont cantilever est une autre variation d'un pont en poutre à treillis. Expliquez que, contrairement au pont en poutre à treillis ou au pont-poutres, le cantilever ne nécessite pas deux piliers pour le supporter, mais un seul. Les ponts construits de cette façon, sont faits de plusieurs cantilever et comprennent souvent un tablier additionnel supporté par les structures en cantilever.
- Demandez aux étudiants d'imaginer deux plongeurs, chacun construit sur une rive d'une rivière. Les "plongeurs" se prolongent au-dessus de l'eau et se rencontrent pour former une portée, ou un tablier additionnel est ajouté pour rejoindre les deux autres.
- Dessinez ce schéma au tableau pour démontrer les principes.



- Démontrez le concept du cantilever en demandant aux étudiants d'en fabriquer un à partir de livres ou de blocs de bois.
 - En travaillant en équipes, demandez aux étudiants d'utiliser 5 livres (ou blocs de bois). Placez 2 livres verticalement pour représenter les piliers du pont. Sur le dessus de chaque pilier, placez un livre qui sera le cantilever. Chaque pilier et cantilever doit ressembler à un T. Ensuite, joignez les deux cantilever en ajoutant un livre pour combler le vide entre les deux.
 - Encouragez les étudiants à expérimenter en rapprochant ou en éloignant les cantilevers l'un de l'autre pour observer l'équilibre de la structure.
 - Le cantilever peut aussi être construit à partir d'une structure symétrique composée de 9 livres. En installant les livres de cette façon, les étudiants remarqueront que la pile nécessite un certain support lors de sa construction. Pendant que la structure prend de l'expansion sur les côtés, elle commence à chavirer. Il s'agit de l'action du cantilever. La structure devient instable, mais elle se stabilise une fois complétée.



- Demandez aux étudiants de comparer la forme produite avec les livres à la photographie du pont Forth Railway dans leur Livret d'Instructions à la page 6. Les deux sont très similaires. Peuvent-ils identifier les cantilevers dans le pont réel?
- Expliquez aux étudiants qu'ils étudieront les caractéristiques d'un pont cantilever en construisant d'abord un modèle K'NEX. Divisez la classe en équipes de 2 ou 3 étudiants.





Activité de construction I :

- Distribuez un ensemble Introduction aux structures : les ponts de K'NEX Education à chacune des équipes.
- Demandez aux étudiants de construire l'étape 1 (seulement) du modèle Cantilever de K'NEX Education à la page 6 du Livret d'Instructions. Deux étudiants devraient construire chacun une moitié du tablier.

Activité de découverte 1 :

Comment un cantilever peut-il s'équilibrer?

Étapes

1. En travaillant en équipe, demandez aux étudiants de maintenir une extrémité du tablier en position horizontale au-dessus du tablier. Il comprendront mieux ainsi les forces impliquées. Que remarquent-ils?
Ils devraient trouver qu'il est très difficile de tenir le tablier en position horizontale – les forces agissent pour le pousser vers le bas. Il est instable. Il devrait s'apercevoir qu'ils doivent appuyer plus fort avec leur pouce et leurs doigts pour le maintenir à l'horizontale. Quelques uns pourraient dire que c'est la gravité qui attire vers le bas.
2. Ajoutez de petits poids à l'autre extrémité pour simuler une charge sur le pont. Que ressentent-ils maintenant?
Le tablier semblera encore plus instable ou déséquilibré.
3. Placez le tablier sur un livre placé à la verticale pour que la majeure partie du tablier ne soit pas supportée (de la même façon que lorsque vous le teniez dans votre main). Ensuite, ajoutez du poids sur la partie du tablier reposant sur le livre. Le tablier peut-il être balancé de cette façon?
Les étudiants devraient remarquer que le tablier n'a pas à être centré sur le livre pour être balancé, il suffit d'ajouter un poids à l'extrémité la plus courte.
4. Les étudiants devraient comprendre que le cantilever doit être équilibré et en mesure de se tenir par lui-même. Ceci peut être fait de deux façons :
 - (i) en étendant chaque portée vers l'arrière, loin du centre du pilier pour former une structure en T.
 - (ii) en ajoutant des contrepoids, ou ancrages, aux extrémités des cantilevers, à l'endroit où ils rencontrent la rive. Ces ancrages servent de poids à l'une des extrémités du système de cantilever, alors la portion du tablier s'étendant au-dessus de l'eau peut être plus longue.

(Vous devez juger si vos étudiants sont en mesure de faire les activités suivantes.)

5. Demandez-leur d'observer leur tablier équilibré sur le livre et de considérer des façons d'améliorer le système de cantilever. Ils ne peuvent pas proposer d'ajouter des piliers à la section au-dessus de l'eau.
Ils devraient suggérer d'ajouter des supports. Vous aurez peut-être besoin de parler de manières de supporter et de renforcer les structures faibles. Encouragez-les à penser à des techniques utilisées auparavant lorsqu'ils ont eu besoin de pousser ou de tirer une structure. Les étudiants pourraient suggérer d'utiliser les diagonales ou les poutres triangulées. Demandez comment ils les utiliseraient.
6. Inscrivez leurs idées au tableau. Discutez de leurs observations et des solutions envisagées pour ajouter un support additionnel à la structure de cantilever. Aidez-les à voir que le système de cantilever peut être amélioré par l'ajout d'autres techniques de construction de pont comme les poutres triangulées.
7. Résumez en expliquant :
Un pont cantilever est généralement supporté par 2 poutres, chaque poutre supportée par un seul pilier. Le poids d'un pont cantilever est transféré aux piliers et ensuite au sol. Chaque pilier est fermement ancré dans le sol et le tablier, supporté par le pilier, s'étend de chaque côté. Dans le système à cantilever, le poids du tablier (et/ou les ancrages/contrepoids) sur le côté menant à la rive équilibre le poids du tablier au-dessus de l'eau. L'équilibre des forces impliquées permet au tablier de s'étendre plus loin au-dessus de l'eau grâce à un minimum de support additionnel.

Activité de construction II :



Demandez aux étudiants de compléter les étapes 2 à 6 dans le Livret d'Instructions et d'observer comment leur modèle de pont cantilever fonctionne.

Activité de découverte I :

Quelles sont les parties distinctives d'un pont cantilever et quelles sont leurs fonctions?

Étapes

1. Demandez aux étudiants de déterminer quelles parties de ce pont sont similaires aux autres ponts étudiés auparavant. Quelles caractéristiques sont différentes du pont-poutres et du pont en poutre à treillis? Ils doivent inscrire leurs observations dans leur Journal.

2. Demandez aux étudiants pourquoi leur modèle possède des extrémités qui dépassent le pilier.

Les étudiants doivent reconnaître que c'est pour équilibrer le cantilever (structure en T).

3. Demandez aux étudiants d'ajouter un poids (charge) au centre de la portée pour simuler le passage d'un train. Que peuvent-ils remarquer à propos des piliers? Toutes les observations doivent être inscrites.

Dans ce modèle, ils remarqueront que les bases des piliers tendent à se séparer vers l'extérieur.

4. De quelle façon le tablier est-il supporté pour demeurer rigide et fort suffisamment pour supporter une charge?

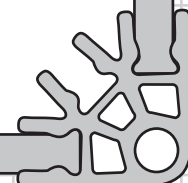
Il y a un enchevêtrement de poutres triangulées au-dessus du pont.

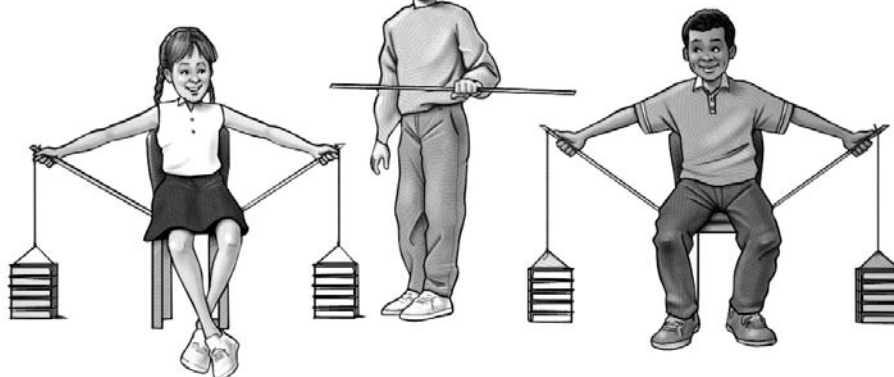
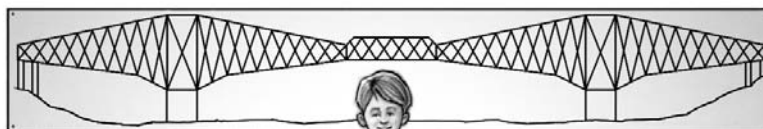
(Approprié pour les étudiants de niveaux supérieurs.)

5. Suggérez que les étudiants reproduisent la démonstration faite par Sir Benjamin Baker créée pour convaincre les gens que son modèle cantilever, pour un train ferroviaire au-dessus du Firth of Forth, fonctionnerait. Observez le diagramme ci-dessous.

Pour des raisons de sécurité, cette démonstration n'inclut pas la partie centrale.

- (a) (i) Fabriquez deux contrepoids en utilisant des piles de livres assez lourds et en les attachant ensemble.
- (ii) Placez deux chaises à une distance d'environ 2 à 3 mètres l'une de l'autre.
- (iii) Placez les contrepoids à environ 50 cm des côtés extérieur des deux chaises.
- (iv) Demandez à deux étudiants de s'asseoir sur les chaises en tenant un mètre en bois dans chaque main. L'une des extrémités du mètre doit être stabilisée sous l'étudiant. L'autre extrémité s'étend à un certain angle. Leurs bras doivent être étendus de chaque côté pour maintenir fermement les mètres. Leurs dos doivent être droits.
- (v) Les deux mètres externes, près de l'endroit où les étudiants les tiennent, doivent être attachés à une pile de livres.
- (vi) Demandez à un troisième étudiant de tenir un mètre entre les bras étendus de ses compagnons afin de représenter le tablier central.





- (b) Montrez un modèle K'NEX du pont cantilever et reliez les parties de ce pont aux étudiants de la démonstration. Expliquez que les deux étudiants représentent deux structures de cantilever : leurs corps sont les tours, leurs bras représentent la partie supérieure du cantilever et les mètres sont les poutres triangulées. Les piles de livres, de chaque côté, représentent les contrepoids ou les ancrages, requis pour équilibrer la structure du cantilever. Le troisième étudiant représente la portée centrale équilibrée sur les deux cantilevers.

- (c) Demandez à la classe de remarquer ce qui arrive aux mètres tenus par les deux étudiants.

Ils doivent remarquer qu'ils plient ou sont attirés vers le bas. Ils subissent la compression.

- (d) Demandez aux deux étudiants de décrire comment ils sentent leurs bras.

Ils diront probablement qu'il est difficile pour eux de maintenir leur bras ainsi pour longtemps – aidez-les à comprendre qu'ils ressentent de la tension – leurs bras sont tirés ou étirés.

- (e) Demandez à la classe ce qu'on peut observer à propos des corps des étudiants qui ont maintenu cette position pendant quelques minutes.

Ils remarqueront probablement que les corps des étudiants ne sont pas droits, mais qu'ils commencent à glisser – aidez la classe à proposer qu'ils ressentent la compression.

- (f) Aidez les étudiants à reconnaître que les deux forces sont équilibrées – les parties supérieures (les bras des étudiants) sont sous tension, mais elle est équilibrée par les parties de la structure (corps et les mètres) qui sont sous compression.

(Approprié pour des étudiants de niveaux supérieurs)

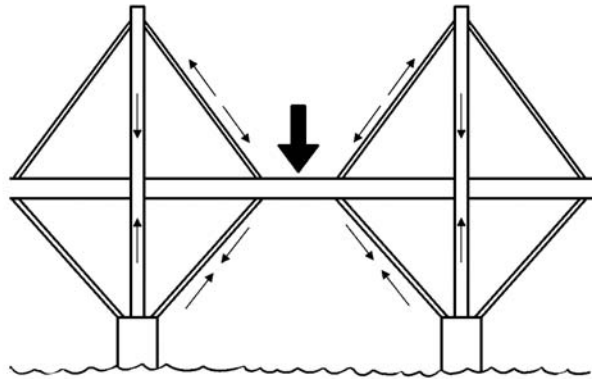
6. Demandez aux étudiants d'examiner leurs propres modèles et d'observer, petit à petit en appuyant légèrement sur la structure ou en ajoutant des poids :

- (a) Quelles parties d'un pont sont sous compression?

Les piliers, les poutres triangulaires et le tablier sont sous compression.

- (b) Quelles parties du pont sont sous tension?

Les traverses au-dessus du tablier sont sous tension lorsque la charge presse vers le bas.



7. Encouragez les étudiants à examiner leur modèle de pont et d'en trouver le contre. Les deux côtés du pont sont-ils un miroir l'un de l'autre? Quel est le mot utilisé pour décrire cette situation?

Les étudiants s'apercevront que les deux côtés sont des images miroir l'un de l'autre.

Ce phénomène se nomme la symétrie.

Vous pourriez vouloir explorer ce concept avec plus de précision pour expliquer que la symétrie et l'équilibre sont des concepts fondamentaux dans la construction d'un pont. La symétrie aide à maintenir les forces en équilibre. La structure et la conception d'un pont tendent à faire travailler les forces en harmonie, plutôt que de travailler l'une contre l'autre, pour supporter le poids du pont et de la circulation. La plupart des ponts tendent à être symétriques.

8. Demandez à chaque groupe de considérer si le pont cantilever est une structure stable ou instable. Ils devraient se préparer à justifier leurs réponses.

Les réponses varieront selon les caractéristiques du modèle.

Pour aller plus loin (Activités d'évaluation)

- Révisez le concept de cantilever avec les étudiants en leur posant les questions suivantes :

- Dans un pont cantilever, quel est le nombre minimum de poutres requises?

Deux – une s'étendant de chaque côté de la vallée pour se rejoindre au centre.

- Dans un système de cantilever, combien de supports chaque poutre a-t-elle?

Seulement un – chaque pilier ou tour supporte une moitié du pont.

- Comment chaque moitié d'un cantilever est-elle en mesure de se tenir par elle-même?

Le poids doit être équilibré. Ceci signifie généralement d'étendre le tablier, donc le poids dans les deux directions à partir du pilier.





- ❁ Pourquoi les deux côtés du pont sont-ils identiques?

Un modèle symétrique aide à garder les forces en action équilibrées. Il est également beaucoup plus agréable visuellement d'avoir une structure symétrique.

- ❁ L'étudiant doit toujours faire un schéma de son modèle, identifier les parties et ajouter des notes à propos des fonctions.
(Approprié pour les étudiants de niveau supérieur.)
- ❁ Demandez aux étudiants de décrire la démonstration de Baker reproduite en classe. Ils doivent utiliser des schémas et des couleurs pour identifier les parties du pont soumises à la tension ou à la compression.
- ❁ Demandez aux étudiants d'inscrire la comparaison entre la symétrie et la balance. Ils peuvent illustrer leur réponse.

Pour aller plus loin

- Défi de conception

Jumelez les équipes deux par deux (4 à 6 étudiants) en équipe d'ingénieurs. Leur tâche est de construire un pont cantilever pouvant supporter la charge de deux dictionnaires sur une portée de 60 cm. Ils disposent de 10 minutes pour concevoir le pont et de 30 minutes pour compléter l'activité. Ils doivent utiliser le contenu de 2 ensembles.

Avant de construire leur pont, demandez à chaque groupe de considérer :

 - ❁ Quelle sera la méthode utilisée pour supporter le cantilever – à quel endroit le plus de support sera nécessaire?

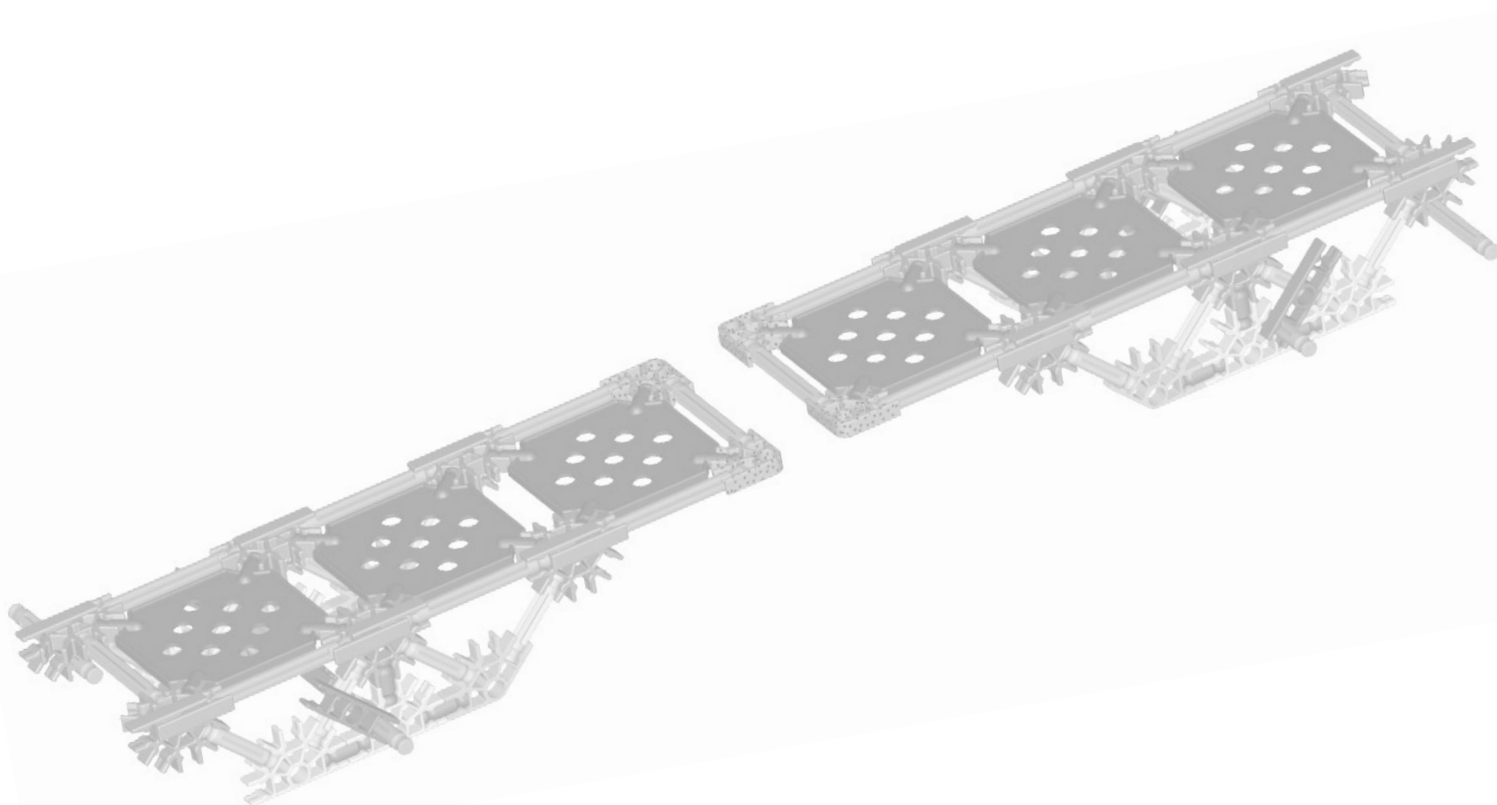
Chaque groupe peut ensuite tester son pont, alors que les autres observent. Demandez à chaque groupe de :

 - ❁ présenter tous les problèmes rencontrés et les solutions choisies pour les régler.
 - ❁ suggérer de quelles façons leur concept peut être amélioré.

Insistez pour qu'ils utilisent le vocabulaire adéquat.
- Demandez aux étudiants de faire une brève recherche à propos de l'un des plus longs ponts cantilever, le pont Forth Railway, traversant le Firth of Forth près d'Edimbourg en Écosse, complété en 1890. Expliquez que ce pont a été considéré à un certain moment comme le plus long pont du monde.
- Demandez aux étudiants d'utiliser internet pour compléter une recherche sur les différentes structures construites à partir du principe de cantilever. Par exemple, de nombreux toits de stades de football utilisent le cantilever.

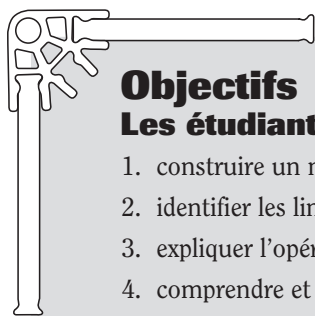
Vérification du journal (Matériel d'évaluation)

- ✓ Schéma identifié du modèle du pont, avec notes décrivant les fonctions de ces parties.
- ✓ Compression et tension dans la structure du pont.
- ✓ Description, accompagnée d'un schéma, de la démonstration de Baker.
- ✓ Comparaison de la symétrie et de l'équilibre.



Le pont à bascule :

Un pont en mouvement



Objectifs

Les étudiants devront :

1. construire un modèle d'un pont mobile et démontrer son fonctionnement.
2. identifier les limites d'un pont à bascule.
3. expliquer l'opération d'un système de pont à bascule.
4. comprendre et utiliser le vocabulaire associé aux systèmes de pont à bascule.

Matériel

Chaque équipe de 2 ou 3 étudiants aura besoin de :

- 1 ensemble Introduction aux structures : les ponts de K'NEX Education et le Livret d'Instructions
- Masses à crochet (10 à 1000 grammes)
- Argile à modeler (facultatif)
- Journal de l'étudiant

Vous aurez besoin de :

- photographies de ponts à bascule (ex. le pont de la Tour de Londres)
- photographies de navires à très longs mâts ou de navires très larges

Procédure

Introduction

- Révisez en classe comment un pont permet plusieurs types de circulation (piétons, véhicules, trains...) pour traverser une rivière, un estuaire, etc.
- Demandez aux étudiants d'observer la photographie du pont Forth Rail à la page 6 du Livret d'Instructions et d'identifier un problème pour un type de transport pouvant circuler dans ce secteur. Aidez-les à réaliser que certains types de bateaux pourraient trouver le passage sous le pont difficile et avoir de la difficulté à avancer sur la rivière parce qu'ils sont trop larges. Expliquez aux étudiants que les ponts ont toujours causé ce type de problèmes. Autrefois, les mâts des navires étaient trop hauts, maintenant ce sont les coques qui sont souvent trop larges.
- Les étudiants doivent comprendre que le pont cantilever, comme le pont Forth Rail, devrait être très haut pour permettre la navigation moderne. Quels nouveaux problèmes cela causerait-il aux ingénieurs et aux constructeurs?

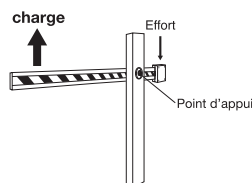
Prévoyez quelques photographies de navires à faire circuler en classe.

Coût plus élevé de construction, plus grand support nécessaire pour des piliers plus élevés, un pont plus lourd nécessite plus de support...

Comment ce problème peut-il se régler?

Les réponses varieront. Acceptez et inscrivez les solutions au tableau. Lorsque les solutions semblent épuisées, discutez-les avec le groupe. Par exemple, construire un pont plus haut peut permettre aux navires très hauts de passer, mais la construction d'un pont haut n'est pas toujours pratique, surtout lorsqu'il traverse un cours d'eau étroit. Si les étudiants ont suggéré un pont mobile, demandez-leur comment un pont peut bouger à l'approche d'un navire.

Acceptez toutes les suggestions, par exemple : le tablier se soulève ou tourne. Demandez aux étudiants de penser aux ponts des châteaux médiévaux. Demandez-leur comment ce type de pont se nommait, quand il était utilisé et comment il fonctionnait.



Les étudiants peuvent connaître le fonctionnement des ponts-levis qui faisaient partie du système de défense des châteaux médiévaux. Ils étaient soulevés à partir d'une position horizontale, ils servaient alors de pont pour traverser un fossé entourant le château, jusqu'à une position verticale qui protégeait alors la barrière principale. En incorporant les systèmes de leviers et poulies la structure pouvait être levée ou abaissée rapidement.

Vous pourriez faire un parallèle avec un objet contemporain. Le principe impliqué dans un pont-levis est similaire à celui de la barrière d'un poste de payage : un poids est nécessaire à l'extrémité la plus courte pour contrebalancer le poids de la barrière.

Expliquez que cette leçon permettra d'étudier un type de pont mobile, le pont à bascule. Inscrivez le nom du pont au tableau et suggérez que les étudiants l'inscrivent dans leur Journal.

Demandez aux étudiants d'observer la photographie d'un pont à bascule à la page 8 du Livret d'Instructions.

En quoi est-il différent du pont-levis?

Le pont s'ouvre par le milieu pour former deux bras; il n'est pas soulevé comme une seule structure.

Demandez aux étudiants si le pont à bascule leur rappelle un autre type de pont étudié. Aidez-les à comprendre que le pont à bascule de la photographie consiste en deux cantilevers.

Expliquez comment, dans un pont à bascule, le poids est contrebalancé par un poids très lourd sous la partie la plus courte du pont. L'énorme contrepoids disparaît dans une ouverture dans le pilier lorsque le pont est abaissé. Sans le contrepoids, il serait pratiquement impossible aux moteurs et aux engrenages de soulever le poids du pont.

Montrez différentes photographies de ponts à bascule ou permettez à la classe de consulter internet pour chercher les endroits où sont construits ces ponts, leur usage et leur longueur.

Les sites internet suivants pourraient vous être utiles :

www.freefoto.com; www.FreeImages.co.uk; www.brantacan.co.uk

Activité de construction :

- Divisez la classe en équipes de 2 ou 3 étudiants et distribuez un ensemble K'NEX Education à chaque équipe.
- Invitez les étudiants à construire le PONT À BASCULE (pages 8 et 9 du Livret d'Instructions).
- Accordez quelques minutes aux équipes pour étudier leur modèle.



Activité de découverte I : Comment un pont à bascule se soulève et s'abaisse?

Étapes

1. Demandez aux étudiants de décrire la principale différence entre ce modèle de pont et les autres étudiés précédemment.

La portée est divisée en deux.

2. En quoi est-il semblable aux autres modèles? S'ils ne trouvent pas de réponse, dites-leur de penser au type de support.

Le pont à bascule ressemble au pont cantilever parce que chaque moitié du pont est supportée à une seule extrémité.

3. Demandez à quelques volontaires de décrire comment leur modèle du pont à bascule K'NEX fonctionne. Demandez-leur de commencer par la phrase " Pour soulever le pont à bascule K'NEX, vous devez premièrement...".

Ils devraient poursuivre en incluant les éléments suivants : Appliquer une force vers le bas aux deux tiges bleues (leviers) qui se trouvent en position horizontale à chaque extrémité du pont. Parce que le modèle K'NEX n'a aucun contrepoids, vous devez utiliser une force additionnelle sur le levier d'ouverture pour surpasser le poids du tablier. Le tablier pivote sur une autre tige bleue en position verticale. La tige bleue servant de levier empêche le tablier de basculer entièrement. Pour abaisser le pont, vous devez appliquer une force vers le haut à la tige bleue. Le tablier pivote et retourne à la position horizontale. La tige verte placée entre les piliers l'empêche de descendre plus loin.

4. Encouragez les étudiants à utiliser leurs doigts pour faire pivoter le tablier du pont. Demandez-leur à quoi ceci leur fait penser.

Le pont fonctionne comme une balançoire à bascule, mais sans basculer au centre de sa portée. Si vous n'avez pas déjà étudié les leviers, expliquez-leur quelques principes qui y sont reliés.

5. Invitez les étudiants à discuter avec leurs partenaires de quelle façon peut être mesurée la force nécessaire pour soulever le pont. Ils devraient inscrire leurs idées dans leur Journal et continuer leur expérimentation selon leur propre méthode. Les observations et les résultats doivent être notés également.

Certains étudiants utiliseront des poids suspendus aux extrémités du pont, d'autres utiliseront un dynamomètre pour mesurer la force de traction du levier d'ouverture bleu.

(Pour les étudiants de niveaux supérieurs)

Activité de découverte II : Quelles sont les limites du pont à bascule?

Étapes

1. Demandez aux étudiants de vérifier la force de leur pont en ajoutant des poids. Ces poids représenteront une charge variable traversant le pont. Suggérez qu'ils placent les poids à différents endroits le long du pont et qu'ils remarquent leur effet sur les piliers et sur les portées du pont. Ils doivent répéter l'expérience une ou deux fois, en augmentant le poids à chaque fois. Les résultats doivent être inscrits dans un tableau comme celui présenté ci-dessous.

- (a) Quelles sont les points faibles et les points forts du pont?

Les parties les plus faibles du modèle sont situées au centre du tablier et dans les piliers. Un poids placé au centre du tablier fait glisser les portées et s'écarter les piliers. Les parties les plus fortes du pont se trouvent aux extrémités du tablier.

- (b) Dans un vrai pont à bascule, comme celui de la Tour de Londres, comment les ingénieurs ont-ils résolu les problèmes des points faibles identifiés? Pensez aux autres types de ponts étudiés et aux méthodes utilisées pour les renforcer.

Installer des ancrages ou aboutements pour stabiliser les piliers. Ajouter des poutres triangulées sous le tablier pour solidifier le tablier, etc.

- (c) Si les poids sont placés sur le tablier, entre les piliers, quel poids le pont supportera-t-il avant d'être inutilisable?

Les réponses varieront.

- (d) Que remarquez-vous à propos de la stabilité de ce modèle?

Plusieurs étudiants remarqueront que leur modèle n'est pas particulièrement stable.

- (e) Comment pouvez-vous améliorer votre structure?

Les réponses varieront, mais la plupart suggéreront de renforcer les piliers à la base du modèle. Ils empêcheront les piliers de bouger. D'autres voudront ajouter un poids à la base du modèle pour améliorer la stabilité.

Tableau de données 1

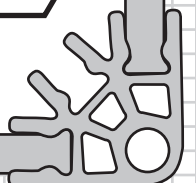
Poids appliqué = _____

Endroit du poids ajouté	Entre les plaques 1 et 2	Centre de la plaque 2	Entre les plaques 2 et 3	Centre de la plaque 3	Milieu du pont
Distance à laquelle les piliers se soulèvent au-dessus du bureau					

Tableau de données 2

Poids appliqué = _____

Endroit du poids ajouté	Entre les plaques 1 et 2	Centre de la plaque 2	Entre les plaques 2 et 3	Centre de la plaque 3	Milieu du pont
Distance à laquelle les piliers se soulèvent au-dessus du bureau					





2. Demandez aux étudiants de séparer les deux moitiés du pont et de prendre deux plaques noires de l'une des moitiés pour allonger la deuxième moitié. En utilisant la même méthode qu'à l'étape 5, mesurez la force requise pour soulever la plus longue portée. Les mesures doivent être inscrites dans le Journal et comparées aux mesures de la première expérience.

NOTE : Un étudiant devra peut-être maintenir la base de la partie allongée pendant que les mesures sont prises. Les étudiants devraient s'apercevoir qu'il faut plus de force pour soulever cette partie allongée.

Mise en application (activités d'évaluation)

- Révisez comment le pont à bascule fonctionne et demandez aux étudiants d'écrire une description étapes par étapes. Ils devraient inclure un schéma pour montrer comment le pont se soulève et s'abaisse. Demandez-leur d'identifier le point de pivot et le point central du pont. Aidez-les à identifier à quel endroit, dans un pont à bascule réel, le contrepoids serait situé pour aider à soulever le pont.
- Demandez aux étudiants d'observer la photographie du pont à bascule à la page 8 du Livret d'Instructions (et/ou une photographie du pont de la Tour de Londres) et demandez-leur d'écrire quelques phrases à propos de la fonction des différentes formes utilisées dans le pont réel.

(Pour les étudiants de niveaux supérieurs)

- Invitez les étudiants à réviser leurs observations de l'activité de découverte II, (comment s'ouvre et se ferme le pont, comment les portées répondent à leur charge, quelle force était requise pour soulever et abaisser différentes longueurs de portée) et d'expliquer pourquoi ils pensent que les ponts à bascule ont seulement des portées courtes. Leurs hypothèses doivent être inscrites dans le Journal.

Les étudiants devraient reconnaître que si les portées du pont à bascule sont trop longues elles fléchiront au centre. Si la portée est trop longue, elle sera aussi plus difficile à soulever, ou l'opération prendra trop de temps.

Pour aller plus loin (Possibilités d'évaluation)

1. **Défi de conception : Réduire la force nécessaire pour soulever le pont à bascule.**

Suggérez que deux équipes se combinent pour résoudre ce problème.

Expliquez qu'ils disposent de 30 à 40 minutes pour compléter l'activité de construction.

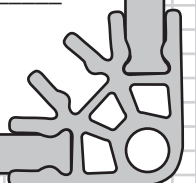
Avant de construire le pont, demandez à chaque groupe d'inscrire dans leur Journal deux solutions alternatives et de donner les raisons pour choisir celle qui sera utilisée.

Des poids ou de l'argile pourront servir de contrepoids.

Demandez aux étudiants d'inscrire et d'expliquer leurs solutions grâce à des schémas et à des notes. Ils devraient utiliser le vocabulaire adéquat.

Chaque équipe devrait tester et démontrer son pont amélioré à la classe. Les équipes devraient être prêtes à :

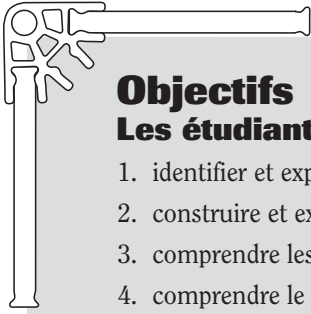
- Partager les problèmes rencontrés et expliquer les solutions pour les résoudre.
- Suggérer des façons d'améliorer leur modèle.
- Considérer l'ajout de contrepoids pour améliorer le fonctionnement de leur pont à bascule.





Le pont à arches :

Identifier les caractéristiques d'un pont à arche simple



Objectifs

Les étudiants devront :

1. identifier et expliquer la fonction des parties d'un pont à arche.
2. construire et expérimenter les modèles de ponts à arches pour comparer leur force respective.
3. comprendre les termes et le vocabulaire associé aux ponts à arche.
4. comprendre le transfert de force à travers la structure du pont à arche.

Matériel

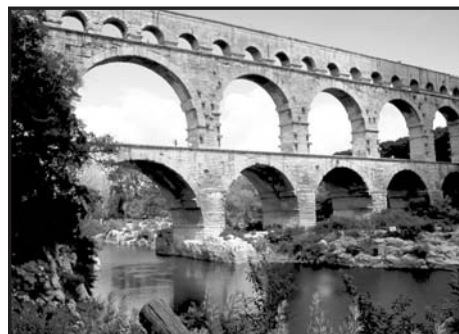
Chaque équipe de 2 ou 3 étudiants aura besoin de :

- 1 ensemble K'NEX Education Introduction aux structures : les ponts avec le Livret d'Instructions
- Masses ou autres poids (10 à 1000 grammes)
- Journal de l'étudiant
- Cartons, colle, livres, conserves (facultatif)

Procédure

Introduction

- Rappelez aux étudiants leurs expériences précédentes pour les aider à transférer leurs acquisitions à cette nouvelle situation d'apprentissage. Cette information comprendra :
 - Force structurelle et stabilité.
 - Stratégies d'ingénierie pour aborder des problèmes de force et de stabilité.
 - Stratégies d'ingénierie pour aborder des problèmes de ponts devant couvrir de longues distances.
- Expliquez comment cette leçon portera sur une structure de pont utilisée depuis des milliers d'années et toujours utilisée de nos jours.
- Montrez à la classe quelques photographies de structures utilisant les arches : par exemple les aqueducs et les ponts romains, les ponts médiévaux, les ponts ferroviaires du 19e siècle.
- Les sites internet suivants peuvent vous être utiles :
www.freefoto.com; www.FreeImages.co.uk;
www.brantacan.co.uk



Pont du Gard, France



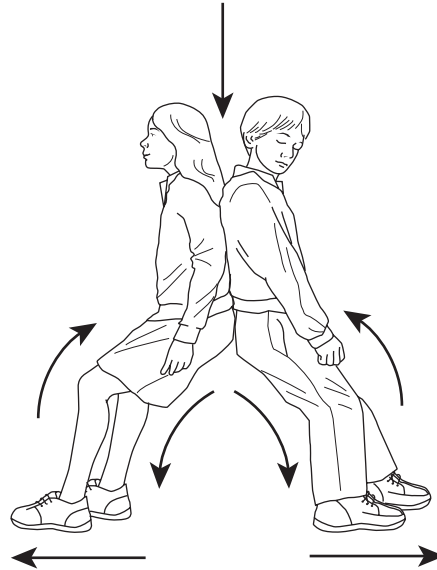
Quelle est la force d'une arche?

○ Démontrez, en utilisant un tige verte flexible de K'NEX, comment la forme de l'arche est produite et comment elle peut être utilisée pour stabiliser une structure. (Pour plus d'information sur les arches consultez la section Concepts-clés ou visitez le site www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/)

○ Divisez la classe en équipes de 4 étudiants (de tailles et de poids semblables) et expliquez qu'ils tenteront de faire une arche humaine. Demandez à deux d'entre eux de se placer dos à dos et de s'appuyer l'un contre l'autre. Les pieds doivent être assez écartés pour assurer une bonne stabilité et tranquillement, ils peuvent plier leurs jambes. Leurs jambes formeront alors une arche. Les deux autres étudiants doivent s'assurer que leurs pieds ne glissent pas. Ils peuvent simplement placer leurs pieds devant pour les stabiliser.

○ Les deux autres étudiants forment l'arche à leur tour.

○ Demandez aux étudiants ce qu'ils ressentent à faire partie d'une arche.



○ À quels endroits les forces se faisaient-elles le plus sentir?

Sur leur dos parce qu'ils poussaient l'un contre l'autre.

○ Qu'est-ce qui empêchait leurs pieds de glisser?

La friction et les pieds des autres étudiants.

○ Montrez une photographie d'un pont à arche en pierre et comparez-la à l'arche humaine. Dites que la pierre centrale est la clé de voûte et se situe au-même endroit que le point de rencontre des dos dans l'arche humaine. Toutes les autres pierres du pont se pressent sur cette pierre centrale.



○ Demandez aux étudiants de décrire la forme des pierres dans l'arche du pont de pierre.

Les pierres sont en forme de coin.





- Expliquez que cette forme permet à l'arche de se maintenir elle-même. Le coin permet que chaque pierre soit prise entre ses deux voisines et prévient qu'elle ne tombe.

- Dessinez au tableau la forme de coin des pierres de l'arche.

- Demandez aux étudiants si des pierres rectangulaires pourraient être utilisées. Pourquoi?

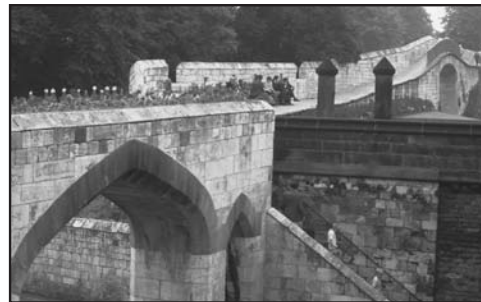
Les pierres rectangulaires pourraient glisser et faire s'effondrer le pont. Lorsque les pierres rectangulaires sont utilisées, un mortier est ajouté pour remplir les vides entre elles. De cette façon la forme de coin est simulée et le processus de construction est accéléré.

- Demandez aux étudiants si leurs pieds semblaient vouloir glisser vers l'avant. Le même phénomène se produit alors que le poids du pont pousse vers le bas et l'extérieur. L'arche tiendra seulement si des aboutements sont placés à chaque extrémité du pont. Montrez les aboutements sur une photographie – l'endroit où les extrémités du pont sont entourées de terre ou de roches.

- Demandez quoi ou qui servait d'aboutement dans l'arche humaine.

Les étudiants qui empêchaient les pieds de glisser.

- Expliquez que l'arche n'est pas seulement utilisée pour construire des ponts, mais également des édifices parce que c'est une structure très forte. Certains ponts romains sont toujours utilisés de nos jours 2000 ans après leur construction. Quelques ponts à plusieurs arches sont aussi toujours en usage : le fameux Ponte Vecchio de Florence en Italie en est un bon exemple.



- Expliquez que les étudiants étudieront maintenant la stabilité des structures d'arches par eux-mêmes. Ils devront inscrire leurs observations dans leur Journal en accompagnant leurs notes de schémas.

Activité de construction :

- Divisez la classe en équipes de 2 ou 3 étudiants et distribuez un ensemble K'NEX Education par équipe.
- Avant de débiter la construction, demandez aux étudiants d'observer les trois versions du modèle (pages 9 et 10 du Livret d'Instructions) et expliquer qu'une arche peut être une structure très versatile lorsqu'elle est utilisée pour la construction d'un pont. Demandez à la classe quelles sont les différences entre les trois versions du pont.
- Invitez tous les groupes à construire les étapes 1 à 4 du modèle à arche inférieure (page 10 du Livret d'Instructions).

Le tablier peut se trouver par-dessus, sous ou dans l'arche.

En assemblant les deux côtés de l'arche (étapes 2, 3 et 4) devraient être une activité partagée parce qu'il faut plus d'une paire de mains pour attacher les tiges vertes.

Conseil pour la construction

Lorsque l'étape 1 est terminée, nous recommandons que les étudiants travaillent de la gauche vers la droite, en reliant les anneaux du haut et du bas de l'arche avec des tiges bleues. Cette manière de procéder sera plus facile que de construire la partie supérieure en premier, puis la partie inférieure et de tenter de tout relier ensuite.

Activité de découverte I : Une arche est-elle stable lorsqu'elle se tient par elle-même?

Étapes :

1. Posez les questions suivantes :

(a) Que se passe-t-il lorsque vous appuyez au centre de l'arche?

Le centre est courbé et les extrémités se déplacent vers l'extérieur.

(b) L'arche semble-t-elle être une structure stable ou instable?

Les étudiants devraient remarquer que c'est une structure relativement instable.

2. Demandez aux étudiants d'observer la photographie de la page 10 du Livret d'Instructions et d'identifier contre quoi l'arche est construite.

Les parois rocheuses du canyon.

3. Révisez avec les étudiants le nom de la composante empêchant les extrémités de l'arche de glisser.

Les aboutements.

4. Expliquez que les aboutements peuvent être construits ou qu'ils peuvent être naturels (une paroi rocheuse). Ils empêchent les extrémités de l'arche de glisser. Demandez aux étudiants ce qui se produit lorsque les extrémités sont bien maintenues en place.

L'arche devient une structure stable.

Activité de construction :

Divisez la classe en équipe de 6 étudiants et expliquez qu'ils devront construire trois versions différentes du pont à arche (un modèle pour deux étudiants). Les résultats seront comparés. Ils doivent décider entre eux quelles versions ils construiront.

Accordez quelques minutes aux étudiants pour étudier leurs modèles.

Activité de découverte II : Les différents types de construction affectent-ils la force d'une arche?

NOTE : Demandez aux étudiants de porter leurs lunettes de sécurité pendant les tests.



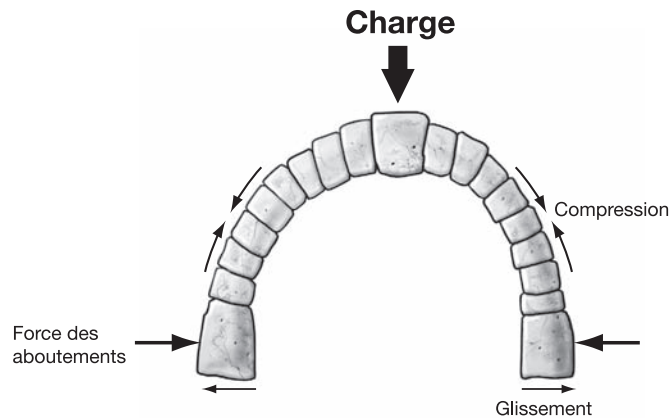


Étapes

1. Demandez à la classe d'identifier les parties du pont à arche. Dessinez un schéma au tableau et invitez des volontaires à inscrire les termes dont ils se souviennent des discussions précédentes. Vous pouvez accepter les termes et corriger dans la prochaine discussion. Les caractéristiques suivantes peuvent être identifiées :

clé de voûte, aboutements, tablier, formes de coin

Vous pourriez rappeler que la plupart des ponts à arches modernes sont construits d'acier et de béton. Ces ponts sont moins susceptibles de posséder une clé de voûte, mais il y a un point spécifique dans ces structures à partir duquel les forces irradient. Vous pourriez introduire le terme « voussoir » : pierre taillée qui entre dans la construction d'une voûte ou d'un arc.



2. (a) Demandez aux équipes de développer un test pour étudier la force de chacun des modèles. Les mesures doivent être inscrites. Cette information peut être inscrite dans un tableau. Permettez aux étudiants de créer leur propre tableau.
(b) Demandez si ajouter le tablier affecte la force de la structure.

Les équipes décideront probablement d'ajouter la même charge au même endroit sur chacun des ponts pour en étudier l'effet sur le tablier et sur les côtés de l'arche.

Les étudiants devraient s'apercevoir que le pont est plus fort et plus stable, mais une force doit toujours être appliquée contre les côtés pour en assurer la stabilité.

(Approprié pour les niveaux supérieurs)

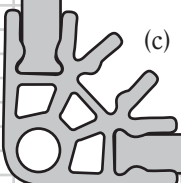
3. Demandez aux étudiants de discuter les points suivants avec les membres de l'équipe et d'inscrire les réponses dans leur Journal.
(a) Comment le tablier est-il supporté afin de demeurer suffisamment rigide et solide pour supporter la charge.
(b) Quelles parties du pont sont soumises à la compression?

Les réponses peuvent varier – toutes devraient inclure un renforcement de la structure.

La structure de l'arche en entier est sous compression. Les étudiants doivent comprendre que la structure courbée de l'arche dissipe les forces de compression jusqu'aux aboutements. C'est la force naturelle de l'arche. Pour plus d'informations visiter le site www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge/.

- (c) Quelles parties du pont sont sous tension?

Le tablier au-dessus de l'arche.

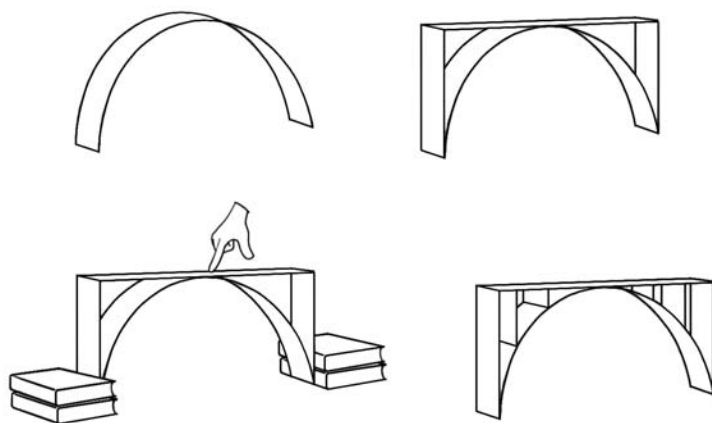


Mise en application (Activités d'évaluation)

- Demandez aux étudiants de dessiner un schéma clair d'un pont à arche dans leur Journal et d'en décrire les parties et les fonctions.
- Discutez de leurs découvertes à propos de la force des trois différents modèles de ponts à arche. Aidez les étudiants à comprendre les différences observées entre les modèles. Demandez-leur d'écrire un court paragraphe décrivant leurs observations.
- Demandez aux étudiants de compléter la feuille d'activité 3 (Le pont à arche).

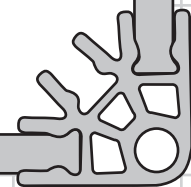
Pour aller plus loin

1. Demandez à chaque équipe de chercher des exemples de ponts réels du type de pont à arches qu'ils ont construits. Ils devraient chercher de l'information à propos de sa taille, de son emplacement et de sa fonction.
2. L'activité suivante permet aux étudiants de mettre le concept de l'arche en action en fabriquant un pont à partir de carton, comme le démontrent les illustrations suivantes. Il doivent former la pièce courbe en laissant sécher un carton mouillé autour d'une boîte de conserve. Le tablier et les supports latéraux peuvent ensuite être collés sur l'arche. Demandez aux étudiants d'appuyer sur le pont à chaque étape complétée pour déterminer où il prend sa force.
3. Les étudiants devraient expérimenter plusieurs tailles de portées et même construire des structures comprenant plusieurs arches.
4. Encouragez les étudiants à faire une brève recherche sur les viaducs et les aqueducs. Ils peuvent considérer leur origine et leurs usages contemporains.



Vérification du Journal (Matériel d'évaluation) :

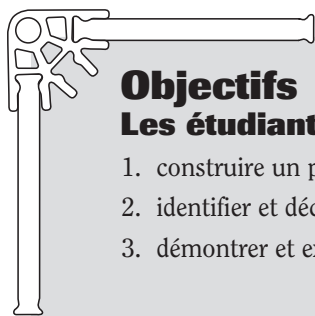
- ✓ Schéma bien identifié d'un pont à arche.
- ✓ Notes décrivant les parties clés d'un pont à arche.
- ✓ Résultats des expériences sur les 3 versions du pont à arche.
- ✓ Feuille d'activités 3.





Le pont à suspension :

Découvrir les caractéristiques d'un pont à suspension



Objectifs

Les étudiants devront :

1. construire un pont à suspension.
2. identifier et décrire la fonction des parties du pont à suspension.
3. démontrer et expliquer comment les forces s'équilibrent dans le pont à suspension.

Matériel

Chaque équipe de 2 ou 3 étudiants aura besoin de :

- 1 ensemble K'NEX Education Introduction aux structures : les ponts et du Livret d'Instructions
- Masses ou poids (10 à 1000 grammes)
- Trombones
- Journal de l'étudiant

Vous aurez besoin de :

- Quelques élastiques larges (facultatif)
- Morceau de mousse (facultatif)
- Ficelle ou corde
- Seau rempli de poids
- Carton, chaises, tables, tapis, etc. (facultatif)

Procédure

Introduction

Expliquez qu'au cours de cette leçon, les étudiants découvriront les ponts à suspension. Affichez une grande photographie d'un pont à suspension. Demandez aux étudiants en quoi ce type de pont semble différent des autres étudiés précédemment. En quoi est-il semblable? Inscrivez leurs réponses au tableau.

- Placez deux chaises à approximativement 3 mètres de distance et deux cordes d'un côté de la pièce à l'autre en les déposant sur le dossier des chaises. N'attachez pas les extrémités des cordes pour l'instant.
- Demandez des suggestions pour l'utilisation de ces cordes dans la construction d'un pont.

Les étudiants pourraient suggérer d'utiliser les cordes pour traverser en se suspendant avec les mains, en marchant sur l'une des cordes et en se tenant après l'autre ou pour suspendre un tablier sur les cordes.

- Faites remarquer que chacune de ces suggestions désigne un pont suspendu. Demandez-leur d'observer la photographie encore une fois.
- Distribuez un trombone à chacun des étudiants, et demandez à tout le monde de l'ouvrir légèrement et de le suspendre le long des cordes. Demandez-leur ce qu'ils pensent pouvoir suspendre à l'aide de ces trombones.

Les étudiants devraient comprendre que le tablier du pont y sera suspendu.

- Ensuite, demandez aux étudiants d'utiliser les trombones pour suspendre des bandes de carton et former un tablier.

- Demandez aux étudiants de remarquer la réaction des cordes lorsque les trombones et le tablier y sont suspendus.

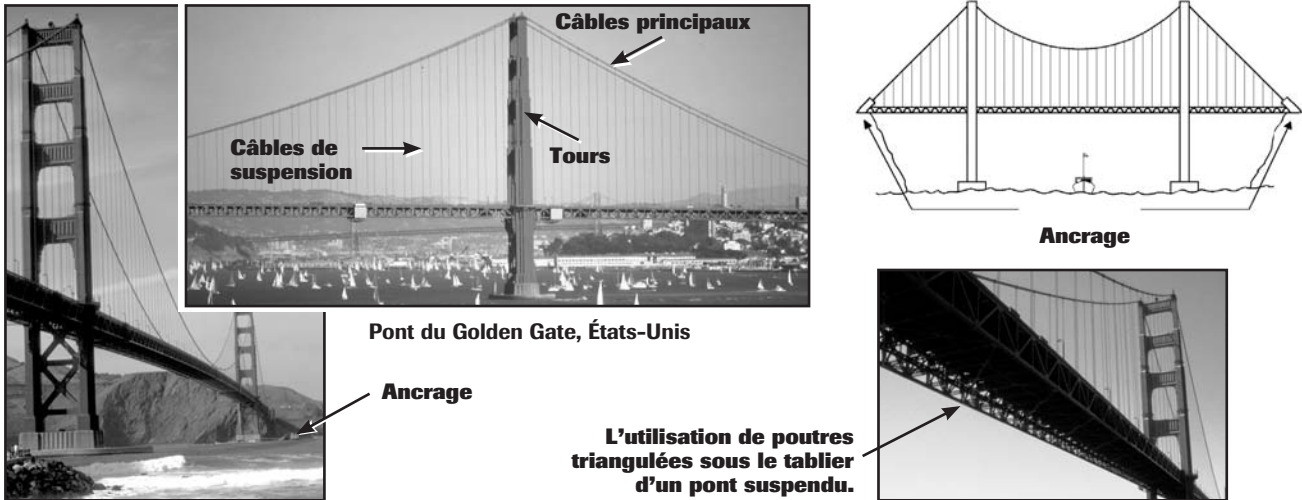
La structure aura glissé jusqu'au sol.

- Quel geste doit-on poser maintenant pour élever et rendre le pont sécuritaire?

Attacher les extrémités des cordes.

- Une fois le pont bien ancré, prenez-le en exemple avec la photographie du vrai pont afin de présenter les parties du pont suspendu. Les étudiants peuvent décrire les caractéristiques et vous pouvez les corriger en utilisant les termes techniques si nécessaire. Le vocabulaire devrait être inscrit au tableau et les étudiants devraient inscrire ces termes dans leur Journal.

- Les cordes représentent les câbles principaux du pont. Les dossiers de chaises représentent les tours du pont. Les trombones sont les câbles de suspension auxquels est accroché le tablier de papier. Les extrémités des cordes sont attachées aux ancrages pour empêcher les tours de s'incliner et de provoquer l'effondrement de la structure. Faites remarquer que le tablier d'un véritable pont peut être solidifié grâce à des poutres triangulées.



- Demandez à cinq volontaires de vous aider à démontrer les éléments d'un pont suspendu et d'expérimenter les forces qui y agissent.

- Placez un tapis sur le plancher et dites qu'il représente une rivière devant être traversée par un pont suspendu.

- Référez-vous à la photographie du pont et expliquez que deux étudiants seront assis chacun sur une chaise – ils représenteront les tours du pont.

- Demandez à quel endroit les tours devraient être situées – sur la rive ou dans la rivière?

Les étudiants devraient suggérer dans la rivière.

- Faites asseoir les étudiants sur les chaises. Étendez la corde sur leurs épaules. Demandez ce que cette corde représente.

Les câbles principaux du pont.

- Suspendez un seau au centre de la corde. Demandez à la classe ce que ce seau représente. Si nécessaire donnez-leur l'indice suivant : un poids y sera ajouté.

Le poids du tablier.





- Demandez à quel endroit les ancrages devraient être situés.

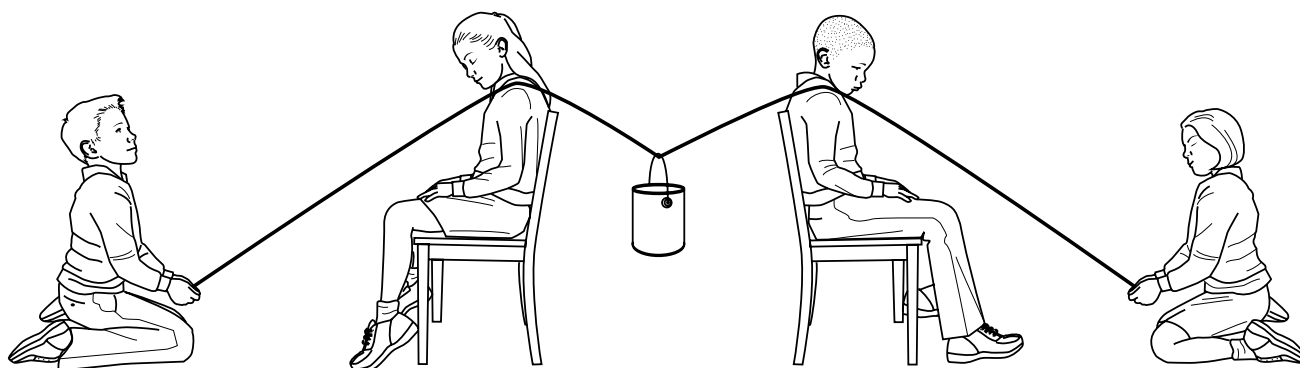
Sur les rives.

- Demandez à deux étudiants, qui joueront le rôle des ancrages, de s'asseoir sur le plancher à deux endroits qui pourraient représenter les rives de la rivière.
- Donnez les extrémités de la corde à ces deux étudiants.
- Expliquez que les poids seront ajoutés dans le seau et que le but est de garder le seau à la même hauteur au-dessus du niveau de la « rivière ».
- Demandez au dernier volontaire d'ajouter des poids dans le seau et demandez aux autres volontaires de décrire leur expérience pendant ce temps. Ceux qui tiennent la corde devraient mentionner qu'ils doivent tirer plus fort chaque fois qu'un poids est ajouté, alors que les autres étudiants devraient ressentir plus de poids sur leur épaule.

- Demandez ce qui se produirait si quelqu'un lâchait son bout de corde.

La corde se relâcherait et le seau tomberait au sol.

- Demandez aux 5 étudiants de décrire leur expérience et le rôle qu'ils ont joué dans cette démonstration.



- Dessinez un schéma de la démonstration au tableau et discutez en classe de la façon dont elle représente un pont suspendu et les forces agissant sur lui.

Révisez comment :

- les cordes agissent comme l'un des câbles principaux du pont soutenant le tablier;
- les étudiants supportant la corde et la charge sont les tours du pont suspendu;
- les étudiants soutenant les extrémités de la corde sont les ancrages;
- la poignée du seau suspendant le seau au câble représente un câble de suspension.

- Ajoutez ces termes sur le schéma et demandez aux étudiants de le reproduire dans leur Journal.

- Montrez d'autres photographies de ponts suspendus à votre classe. Utilisez la photographie du Golden Gate dans le Livret d'Instructions K'NEX (page 12) ou permettez-leur de consulter internet pour :
 - identifier les composantes principales des ponts suspendus.
 - rechercher les endroits où sont construits des ponts suspendus.
 - rechercher les différents usages des ponts suspendus et comparer leurs longueurs à celles d'autres types de ponts étudiés auparavant.
- Les sites internet suivants peuvent vous être utiles :
www.freefoto.com; www.FreeImages.co.uk; www.brantacan.co.uk
- Révisez quelques statistiques découvertes par les étudiants lors de leur recherche. Ils devraient avoir découvert que le pont suspendu est utilisé pour construire certains des plus longs ponts du monde. Référez-vous aux expériences précédentes reliées à la force et à la stabilité de certaines structures et discutez des principaux problèmes pouvant être rencontrés par les ingénieurs lors de la conception et de la construction d'un pont. Par exemple la portée principale pourrait être de 2000 de long – comment cette portée peut-elle être soutenue et conserver sa rigidité et sa force? Inscrivez chacune des propositions faites par les étudiants.

D'après leurs premières expérimentations sur ce modèle de pont, ils peuvent avoir retenu que le nombre important de supports (câbles de suspension) qui tirent le tablier vers le haut ainsi que les câbles principaux, permettent à la structure de demeurer rigide. Ils peuvent avoir découvert que les ponts suspendus sont plus légers que les autres types de ponts étudiés et peuvent donc être plus longs.

Activité de construction

- Divisez la classe en équipes de 2 ou 3 étudiants et distribuez un ensemble K'NEX Education Introduction aux structures : les ponts à chacune des équipes.
- Expliquez à la classe que l'étude du pont suspendu débute avec la construction du modèle de pont suspendu K'NEX montré aux pages 12 et 13 du Livret d'Instructions.
- Demandez aux étudiants de construire le pont jusqu'à l'étape 4 (inclusivement). Ils ne doivent pas aller plus loin pour l'instant.

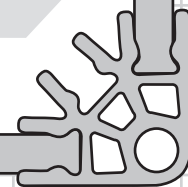
Activité de découverte I : Cette structure est-elle stable si les câbles ne sont pas attachés?

NOTE : Demandez aux étudiants de porter leurs lunettes de sécurité pendant les tests.

Étapes

1. Demandez aux étudiants de concevoir un test pour étudier la stabilité de la structure en plaçant une charge au centre du pont.
2. Chaque groupe devrait observer ce qui se produit et répondre aux questions suivantes :
 - Quel est le poids maximal supporté par le pont avant qu'il ne soit plus sécuritaire?

Les réponses peuvent varier. Ils doivent inscrire leurs résultats dans un tableau semblable au suivant.





- Quelles sont les parties les plus faibles du pont?

Les étudiants répondront probablement que la structure entière est faible : le tablier plie au centre et balance d'une extrémité à l'autre; les tours bougent et plient vers le centre.

- Comment expliquez-vous vos observations?

Structures de support insuffisantes.

- Cette structure est-elle stable ou instable de la façon dont elle est construite présentement?

La plupart répondront qu'elle est très instable.

- Discutez les résultats ensemble et demandez-leur d'inscrire leurs observations dans leur Journal.

Tableau des données

Étape de construction du pont	Poids appliqué	Observations
Aucun câble		
Câbles détachés		
Câbles attachés		

Suite de l'activité de construction

- Chaque équipe peut compléter son modèle (étapes 5 à 7).

Activité de découverte II : Comment l'ajout de câbles affecte la force et la stabilité de la structure?

Étapes

- Demandez aux étudiants d'identifier les différentes parties de leur pont suspendu. Ils peuvent consulter leur schéma dessiné plus tôt dans la leçon.
- Suggeriez qu'ils observent la photographie dans leur Livret d'Instructions et qu'ils identifient toutes les différences entre ce pont et leur modèle K'NEX. Essayez de voir s'ils connaissent les matériaux de construction utilisés pour construire les ponts suspendus modernes. (Voir la section Concepts-clés pour plus d'informations sur le sujet.)

Si nécessaire, aidez-les à comprendre que leur modèle ne possède pas les ancrages dans lesquels les extrémités des câbles principaux sont enchâssés et bien arrimés. Le modèle ne présente pas non plus de câbles parcourant la longueur entière du pont. Les tours du vrai pont sont proportionnellement plus hautes que celles du modèle.

Les ponts suspendus contemporains sont construits de câbles d'acier tordus et de sections de béton ou d'acier pour les tours et le tablier.

3. Demandez aux étudiants de garder ces différences en mémoire et de refaire le test sur le pont en utilisant exactement la même méthode. Ils doivent ensuite répondre aux questions et utiliser le tableau de données pour inscrire leurs observations concernant la charge :

- (a) La capacité de support de la charge a-t-elle augmenté, est-elle stable ou a-t-elle diminué?

Les étudiants devraient dire qu'elle a augmenté.

- (b) Pouvez-vous expliquer votre réponse?

Il y a des câbles de suspension additionnels, reliés aux câbles principaux, qui aident à supporter le centre du tablier.

- (c) Que remarquez-vous à propos de la forme du tablier maintenant que les câbles ont été ajoutés?

Le tablier courbe vers le haut, au centre. Il a une forme d'arche parce que les câbles de suspension le tirent vers le haut.

- (d) Comment l'ajout de câbles affecte la stabilité du pont?

Les étudiants devraient remarquer que la force et la stabilité du pont ont augmenté.

(Approprié pour des étudiants des niveaux supérieurs)

4. Vous pourriez indiquer aux étudiants que le poids du tablier et de sa charge variable est transféré aux câbles principaux par les câbles de suspension (qui sont sous tension). Les câbles subissent alors une tension très forte. Cette tension tire sur les ancrages et les câbles s'appuient sur les tours en les compressant et transfèrent le poids sur le pont jusqu'aux fondations dans le lit de la rivière. Aidez les étudiants à reconnaître que le modèle du pont équilibre les deux forces principales, la compression et la tension.

5. Demandez aux étudiants s'ils croient que les câbles d'un vrai pont suspendu sont attachés au sommet des tours où s'ils sont libres de mouvement. Pourquoi?

Vous devrez expliquer que les câbles d'un véritable pont suspendu sont déposés sur le sommet des tours. Il faut qu'ils puissent bouger à cause de l'expansion et de la contraction que subissent les métaux. Ils doivent aussi être libres de bouger d'un côté à un autre lorsque la charge sur le pont est réduite. Les étudiants doivent comprendre qu'il s'agit d'une autre différence majeure entre leur modèle et un vrai pont.

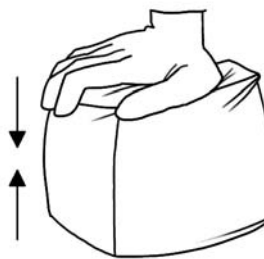
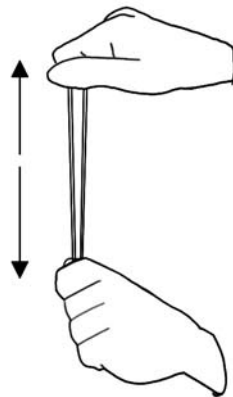
6. Suggérez qu'ils tirent maintenant sur les extrémités des tiges flexibles du modèle K'NEX et qu'ils testent à nouveau la capacité de support d'une charge. Les résultats doivent être inscrits dans le tableau des données.

Ils devraient remarquer qu'en tirant les tiges flexibles, la charge pouvant être supportée par le modèle est augmentée. Ils devraient réaliser qu'ils jouent le rôle des ancrages et que le système du pont suspendu est plus efficace lorsque chaque sous-système fonctionne à pleine capacité.





7. Réviser les résultats en posant les questions suivantes :
- (a) Quelle est la fonction des tours?
 - (b) Quelle est la fonction des câbles principaux?
 - (c) Pourquoi ces câbles doivent-ils être ancrés à leur extrémité?
 - (d) Quelle est la fonction des câbles verticaux?
 - (e) Comment le tablier est-il rendu plus solide et plus fort?



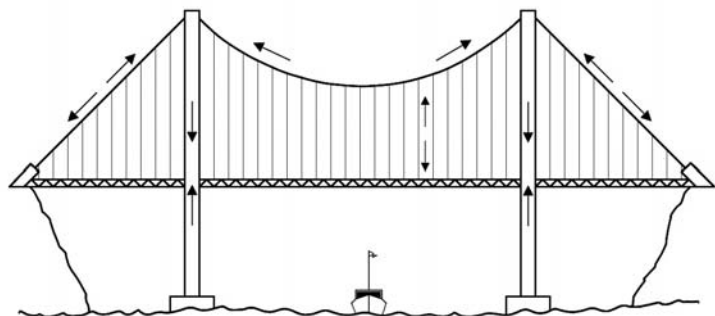
(Approprié pour les étudiants des niveaux supérieurs)

8. (a) Réviser de quelle façon la construction du pont tend à utiliser des forces équilibrées pour empêcher la structure de s'effondrer. Demandez aux étudiants quelles sont les forces principales agissant sur un pont.
- (b) Demandez à la classe de réfléchir à propos de la démonstration et de ce que les volontaires ont raconté de leur expérience. À partir de ces informations, les étudiants devraient décrire les endroits où la compression se produit dans un pont suspendu. Ils peuvent également appuyer au centre du modèle et observer ce qui se produit. Vous pouvez leur faire une brève démonstration en utilisant un élastique et un morceau de mousse comme le démontrent les illustrations ci haut.

Les tours supportent le poids total du pont. Les câbles principaux supportent le poids du tablier. Ce poids fait fléchir les câbles de suspension (ils deviennent sous tension). Pour empêcher la structure entière d'être tirée vers l'intérieur, les câbles principaux doivent être ancrés à leurs extrémités. Les câbles verticaux, les câbles de suspension, relient le tablier aux câbles principaux. Le tablier est renforcé grâce à une légère forme d'arche. Cette forme est maintenue par la tension vers le haut des câbles principaux, via les câbles de suspension.


Tension et compression.






Ils devraient être en mesure d'expliquer que les tours subissent la compression parce que les câbles s'appuient sur elles, alors que les câbles principaux de suspension subissent une tension parce qu'ils sont étirés. Les forces agissant sur le tablier (qui est simplement suspendu grâce aux câbles de suspension), incluent également le pliage et la torsion à cause de la charge variable. L'arche formée dans le tablier réduit la tension subite par la partie inférieure du tablier.



Les forces agissant sur un pont suspendu.

Mise en application (activités d'évaluation)

 Discutez les acquisitions des étudiants à propos des ponts suspendus.

-  Demandez aux étudiants de faire une liste des fonctions de chacune des parties du pont suspendu et de les décrire brièvement.
-  Encouragez vos étudiants à écrire à propos des principales différences entre le modèle et le véritable pont suspendu.
-  Demandez aux étudiants d'expliquer pourquoi l'ajout de câbles affecte la force et la stabilité de la structure d'un pont suspendu.
-  Demandez aux étudiants d'identifier les forces impliquées dans la structure d'un pont, en utilisant un schéma bien identifié, des crayons de couleurs et le vocabulaire technique approprié.
-  Suggérez que les étudiants complètent la Feuille d'activités 4 : exclusivité sur les ponts suspendus. S'ils croient que l'un des énoncés est faux, ils doivent le transformer pour qu'il devienne vrai.

Approprié pour les niveaux supérieurs, mais peut être adapté pour les étudiants plus jeunes.

Pour aller plus loin

1. Expliquez que, même si les ingénieurs passent plusieurs semaines à planifier et préparer la construction d'un pont, les choses ne se déroulent pas toujours comme il le faudrait.

Demandez aux étudiants d'utiliser internet pour chercher de l'information à propos de l'effondrement du pont suspendu de Tacoma Narrows (États-Unis).

Des photographies de cet événement peuvent être obtenues sur le site http://eduspace.free.fr/bridging_europe/index.htm.

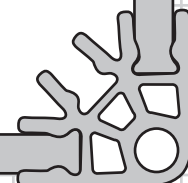
Vous y trouverez également un court vidéo du désastre.

Référence pour l'enseignant : Alors que les ponts suspendus modernes sont conçus pour balancer jusqu'à un certain point, un faible vent pouvait faire balancer, rebondir et onduler le pont de Tacoma Narrows. Le pont est rapidement devenu une attraction touristique et a été surnommé "Gertie Galopante". En novembre 1940, un vent modéré a fait balancer le pont excessivement jusqu'à ce qu'il s'effondre. L'erreur des ingénieurs se trouvait au niveau du tablier. Il créait des tourbillons d'air qui faisaient osciller le pont. Si les ingénieurs avaient d'abord testé leur modèle dans un couloir de vent, ils auraient peut-être songé à utiliser un tablier dont le profil était aérodynamique. Les vents auraient alors passé autour et à travers le pont et les oscillations auraient été réduites. Le pont a été reconstruit 10 ans plus tard selon de nouvelles normes.

2. Invitez les étudiants à imaginer une histoire à propos de la construction d'un pont suspendu. Établissez la scène en décrivant deux collines sur chaque rive d'une large rivière. Demandez aux étudiants de placer des chaises, des tables, un tapis et quelques objets pour fabriquer la scène. Dites aux étudiants qu'un pont est nécessaire afin que les gens et les biens puissent circuler d'un côté à l'autre de la rivière. Expliquez que le seul matériel disponible est de la corde. Comment peuvent-ils fabriquer un pont simple avec la corde et quelles sont les étapes du processus?

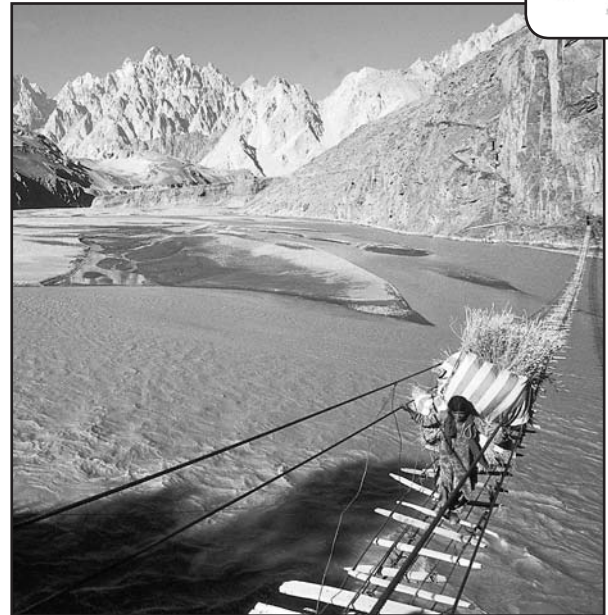
Les étapes pourraient être les suivantes :

1. Trouver l'endroit idéal pour la construction du pont.
2. Fabriquer plusieurs cordes à partir de lianes.





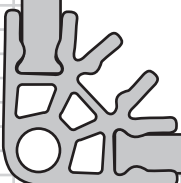
3. Attacher l'extrémité d'une des cordes à un arbre et l'autre à une flèche pour lancer la corde de l'autre côté.
 4. Descendre la colline, nager de l'autre côté, trouver la flèche et attacher la corde à un autre arbre.
 5. Traverser en se suspendant à la corde pour faire traverser d'autres cordes.
 6. Attacher les cordes ensemble pour former une travée et des mains-courantes.
3. Indiquez aux étudiants que peu importe la méthode utilisée, il est nécessaire de respecter un certain ordre dans l'exécution.
 4. Suggérez qu'ils recherchent comment les ponts suspendus modernes sont construits et qu'ils présentent un bref exposé à la classe à propos de leurs découvertes. Demandez-leur d'inclure dans leur exposé le vocabulaire suivant : tours, câbles de suspension, passerelle de service, ancrages, câbles principaux.

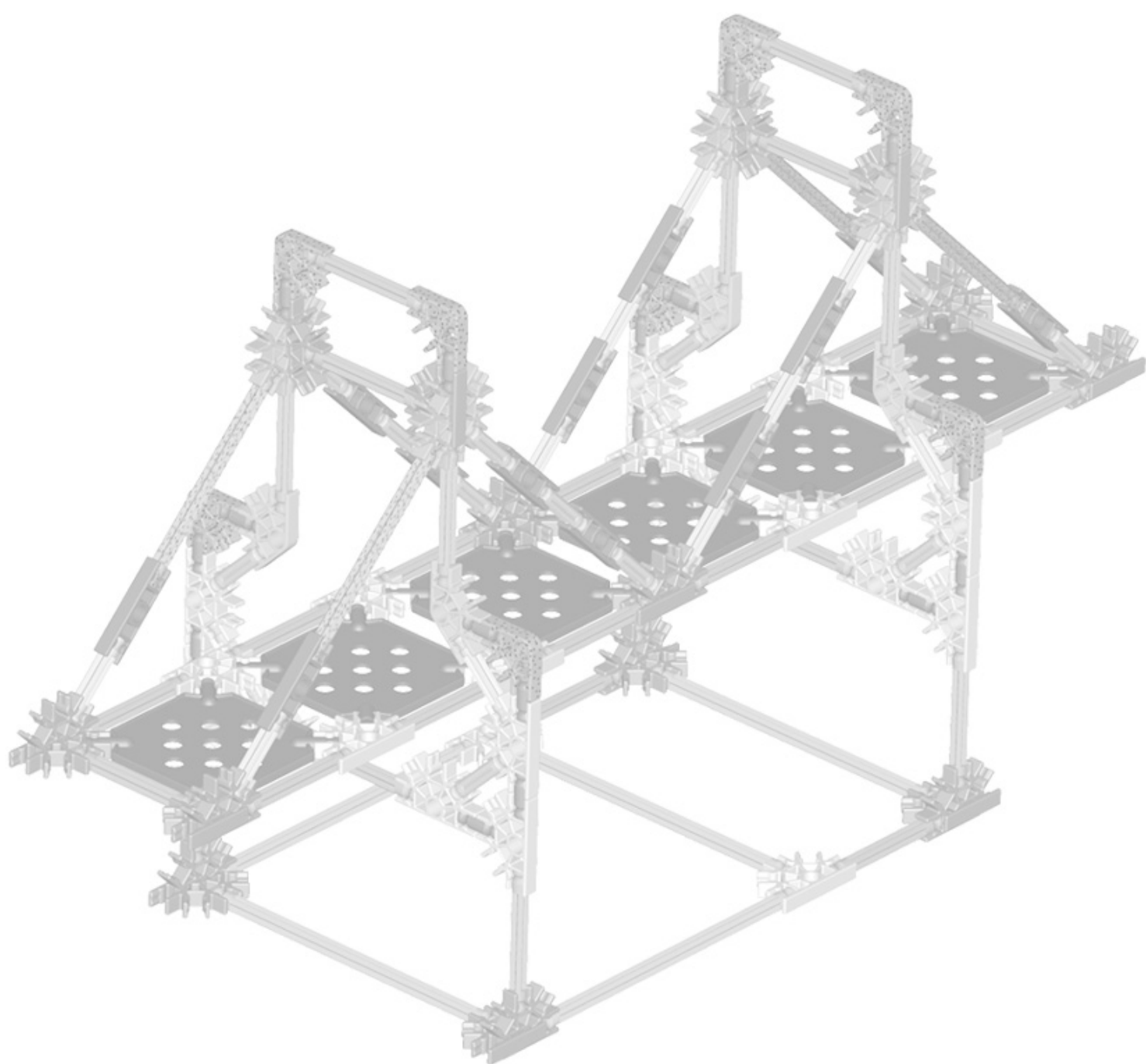


Vérification du Journal (Données d'évaluation)

- ✓ Schémas d'un pont suspendu identifiant ses parties principales.
- ✓ Brève description de la fonction de chaque partie du pont.
- ✓ Différences entre le modèle K'NEX et le véritable pont suspendu.
- ✓ Explication de l'effet produit par l'ajout de câbles sur la force et la stabilité du pont.
- ✓ Schéma identifiant les forces en action sur le pont.
- ✓ Feuille d'activités 4 complétée.

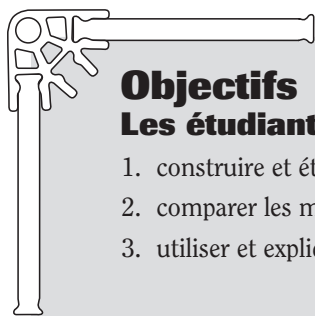
NOTE : Si possible, conservez un modèle du pont suspendu afin de le comparer au pont à câbles qui sera étudié pendant la prochaine leçon.





Le pont à câbles :

Reconnaître les caractéristiques d'un pont à câbles



Objectifs

Les étudiants devront :

1. construire et étudier un modèle de pont à câbles.
2. comparer les modèles de pont à câbles et de pont suspendu.
3. utiliser et expliquer le vocabulaire associé au pont à câbles.

Matériel

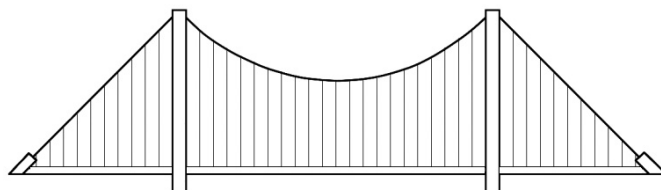
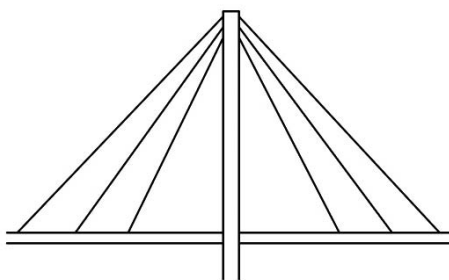
Chaque équipe de 2 ou 3 étudiants aura besoin de :

- 1 ensemble K'NEX Education Introduction aux structures : les ponts et du Livret d'Instructions
- Quelques masses ou poids (10 à 1000 grammes)
- Ficelle ou corde
- Papier et crayons
- Ciseaux
- Journal de l'étudiant

Procédure

Introduction

- Expliquez que cette leçon sera axée sur l'étude des ponts à câbles en utilisant un modèle K'NEX. Les étudiants utiliseront également internet pour faire quelques recherches sur les ponts à câbles.
- Dessinez les schémas d'un pont suspendu simple et d'un pont à câbles au tableau et/ou créez une feuille d'activités afin que les étudiants puissent comparer les deux ponts.
- En quoi ces ponts sont-ils différents et en quoi sont-ils semblables?



Similarités : Ils ont tous deux des tabliers suspendus par des câbles. Les deux transfèrent la charge au sol en utilisant des tours.

Différences : Dans un pont suspendu, les câbles vont d'une tour à l'autre et le tablier est suspendu à ces câbles. Dans le pont à câbles, il n'y a habituellement qu'une tour à partir de laquelle les câbles sont directement reliés au tablier. Note : Certains ponts à câbles ont deux tours pour une plus longue portée.

- Expliquez aux étudiants qu'une autre différence entre les deux modèles se situe au niveau de la construction du tablier. Le tablier d'un pont suspendu est installé seulement lorsque les câbles principaux ont été déposés sur les tours et que les câbles de suspension y ont été accrochés. Dans le cas d'un pont à câbles, parce qu'il démontre un modèle de cantilever, le tablier peut être assemblé en le construisant à partir des tours vers les rives et les câbles peuvent être attachés lorsque chaque section est mise en place.

Activité de construction

- Divisez la classe en équipes de 2 ou 3 étudiants et distribuez un ensemble K'NEX Education à chaque équipe.
- Demandez aux étudiants de construire le pont à câbles illustré à la page 14 du Livret d'Instructions.
- NOTE :** Les étudiants devront travailler ensemble pour assembler le tablier et la structure de support.
- Accordez aux étudiants quelques minutes pour étudier leur structure.

Activité de découverte : Quelles sont les caractéristiques d'un pont à câbles et quelles sont les caractéristiques empruntées à d'autres types de pont?

Étapes

- Affichez, ou faites circuler, quelques photographies de ponts à câbles. Les étudiants peuvent aussi examiner la photographie présentée dans le Livret d'Instructions à la page 14. Demandez aux étudiants d'identifier les différences entre les ponts véritables et leur modèle.

Les réponses peuvent comprendre : leur modèle n'a qu'une seule tour; il n'y a pas de piliers vers les rives dans leur modèle; les ponts à câbles réels ont beaucoup plus de câbles...

- Expliquez à la classe que ce type de pont est un modèle relativement nouveau. Le premier pont à câbles a été construit dans les années cinquante. Il combine des éléments provenant de deux types de ponts étudiés auparavant.

- Demandez-leur de nommer à quel type de pont le pont à câbles ressemble.

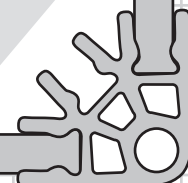
Ils devraient nommer le pont suspendu.

- Demandez des suggestions pour l'autre type de pont ayant inspiré ce modèle.

Certains suggéreront le pont-poutres. Aidez-les à identifier comment le tablier s'étend à partir de la tour et à reconnaître le principe de cantilever puisque le pont est équilibré.

- Demandez aux étudiants d'observer et d'expliquer ce qui se produit lorsqu'une charge est placée à l'une des extrémités.
 - Que se produit-il si cette charge est placée au centre du tablier.
 - Est-ce une structure stable?

Dans le modèle K'NEX, le pont est comme une balançoire à bascule géante – il est équilibré au centre, mais lorsqu'une charge est placée à l'une des extrémités, l'autre est soulevée. Dans un pont à câbles réel, chaque extrémité du pont doit être supportée par un pilier – observez des photographies si nécessaire.





4. (a) À quoi les extrémités des câbles sont attachées?

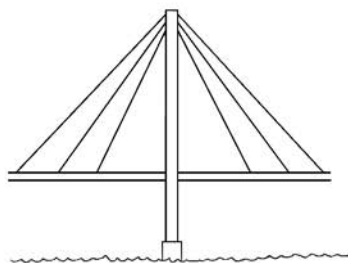
À la tour et au tablier.

- (b) En quoi cela est-il différent du pont à suspension?

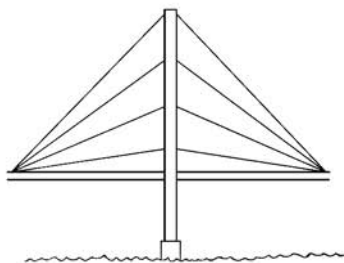
Les câbles du pont à suspension doivent être ancrés dans des structures de béton qui s'enfoncent dans le sol. Le pont à câbles ne nécessite pas ce type d'installation.

5. Examiner la forme des câbles dans votre modèle et sur les photographies. Quelle forme pouvez-vous identifier dans leur structure? Que savez-vous à propos de cette forme?

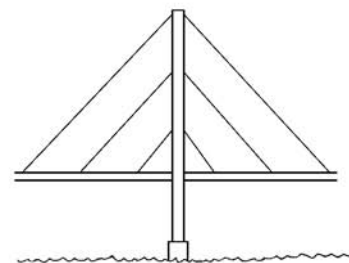
Les étudiants devraient remarquer que les câbles forment un triangle et se rappeler que c'est une forme très solide. Vous pourriez profiter de l'occasion pour discuter d'autres types d'agencements des câbles utilisés par les ingénieurs. Dessinez ces agencements au tableau.



Rayonnant



Étoile



Harpe

(Vous devrez juger si vos étudiants peuvent continuer avec les activités suivantes.)

6. Pour démontrer les forces et le support assuré par les câbles, demandez à chaque équipe d'enlever les câbles sur l'un des côtés et de placer une petite charge à chaque extrémité du pont. Que se passe-t-il?

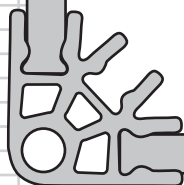
L'extrémité sans câble s'effondre.

7. (a) Discutez avec les étudiants comment les ponts à câbles et suspendus reposent principalement sur la tension pour créer une structure stable. Demandez-leur de déduire, en observant les différentes parties de leur modèle, lesquelles sont sous tension et lesquelles sont sous compression.

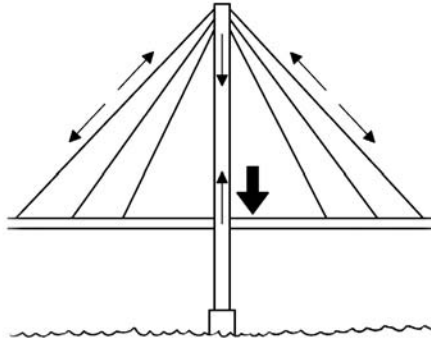
Ils devraient remarquer que la tour et le tablier – lorsqu'il y a une charge variable sur le pont – sont sous compression, alors que les câbles sont sous tension. Vous pourriez développer en expliquant que dans un pont à câbles, la résistance des câbles, maintenant sous tension, est harmonisée à la charge du tablier, alors que les tours supportent le poids du pont et sont sous compression.

- (b) Que remarquent-ils à propos de la forme du tablier du pont?

Le tablier est légèrement arqué. Cette arche aide à réduire la tension sur la partie inférieure du tablier.



Les forces agissant sur un pont à câbles.



8. Référez-vous aux expériences précédentes sur la force et la stabilité des structures de ponts et discutez de problèmes pouvant avoir été rencontrés par les ingénieurs lors de la conception d'un pont à câbles. Par exemple, que peut-il se produire au niveau du tablier pendant qu'il est construit à partir des tours?

Les étudiants devraient s'apercevoir que la structure doit être équilibrée à mesure qu'ils construisent vers l'extérieur, sinon elle sera portée à s'effondrer.

Mise en application (Activités d'évaluation)

- Demandez aux étudiants d'utiliser des illustrations et des notes pour identifier les similarités et les différences entre le pont à câbles et le pont suspendu.

- Révissez les caractéristiques du pont à câbles en posant les questions suivantes les étudiants peuvent se référer à la page 15 du Livret d'Instructions) :

- Les ponts à câbles sont une combinaison de quels types de ponts?

Ils sont une combinaison de structure à cantilever et de pont suspendu dans lequel une tour supporte une section équilibrée du tablier en utilisant des câbles.

- Dans quel genre d'endroit sont-ils habituellement construits?

Ils sont généralement de taille moyenne. Plus récemment, cependant, de plus longs ponts, en utilisant deux ou plusieurs tours ont été construits.

- Demandez aux étudiants d'inscrire et d'expliquer leurs observations de leur modèle de pont en utilisant des schémas, des notes et le vocabulaire adéquats. Ils devraient également répondre dans leur Journal aux questions suivantes :

- Quelle est la fonction de la tour?

La tour et les câbles supportent le poids du tablier et la charge variable.

- Quelle est la fonction des câbles?

i. la tour et le tablier, ii. les câbles.

(À faire si les étapes 6 à 8 ont été réalisées)

- Quelles parties du pont sont :
(i) sous tension?
(ii) sous compression?

- Comment le tablier peut-il être rendu plus fort et rigide?

Les câbles tirent sur le tablier pour le rendre légèrement arqué. Les étudiants peuvent aussi parler d'un système de poutres triangulées.

- Demandez aux étudiants de compléter la Feuille d'activités 5 : Les ponts à câbles.





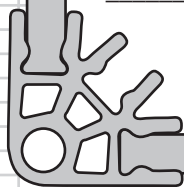
1. Demandez aux étudiants de construire le modèle de ponts à câbles à deux tours illustré à la page 15 du Livret d'Instructions. Ils devraient ensuite chercher un exemple concret de ce type de construction. Ensuite, ils pourront préparer un rapport sur ce pont et expliquer à quel endroit il est construit et comment il est utilisé. Les étudiants sont-ils d'accord avec le choix d'un pont à câbles pour ce site? Ils devraient expliquer leurs réponses.

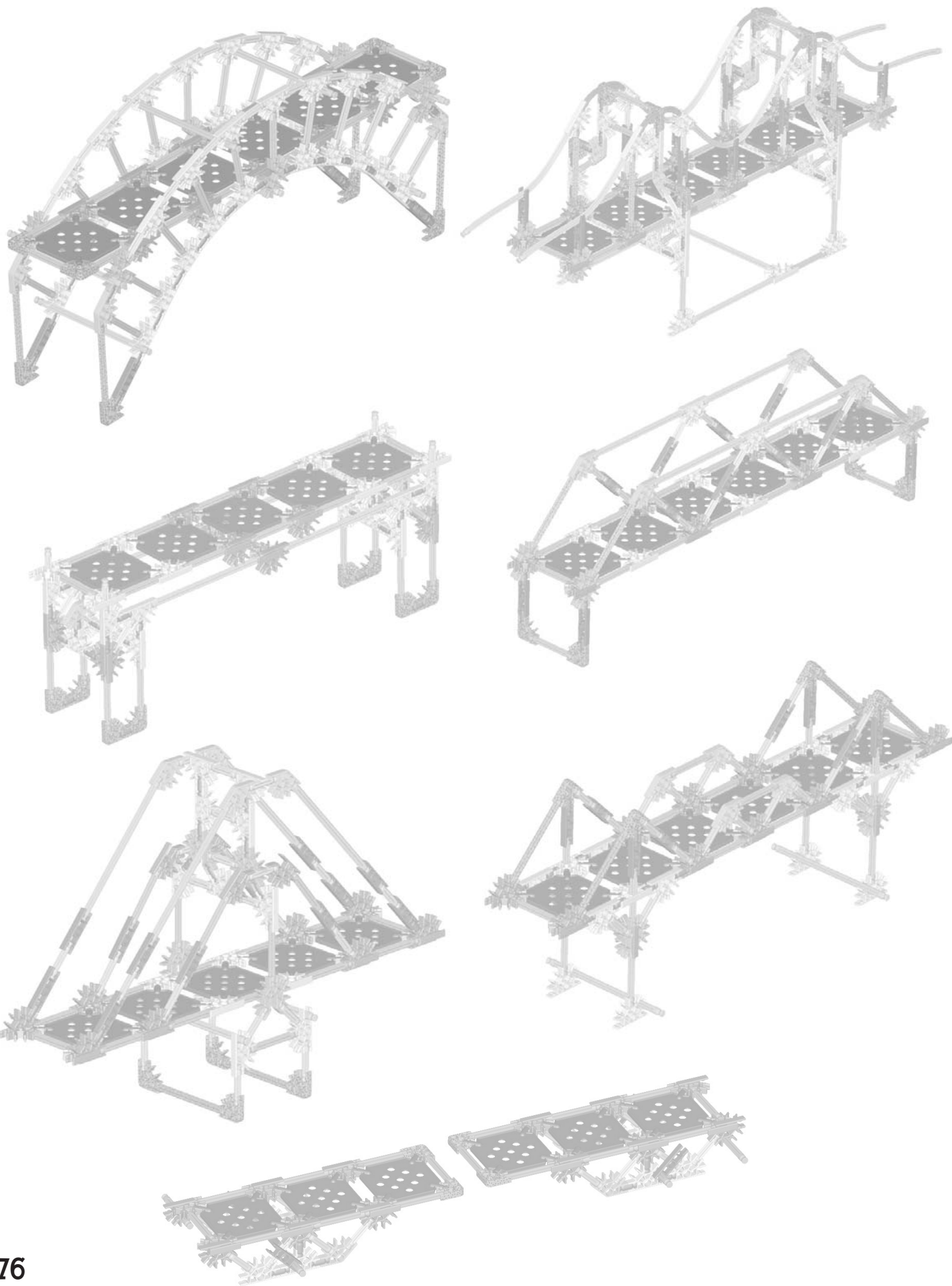
www.freefoto.com; www.FreeImages.co.uk; www.brantacan.co.uk

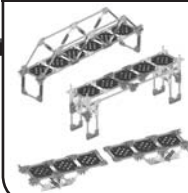
2. Recherchez comment les câbles d'un pont à câbles sont attachés. Comparez les étapes de construction d'un pont à câbles à celles de la construction d'un pont suspendu.

- ✔ Similarités et différences entre un pont à câbles et un pont suspendu (avec illustration).
- ✔ Caractéristiques d'un pont à câbles.
- ✔ Fonctions de chacune des parties d'un pont à câbles.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

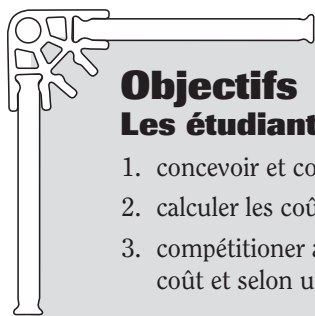






Concevoir un pont :

Les facteurs du temps et de l'argent



Objectifs

Les étudiants devront :

1. concevoir et construire un modèle de pont pour répondre à une série de critères.
2. calculer les coûts des matériaux nécessaires pour ce pont.
3. compétitionner avec les autres équipes pour réaliser toutes les spécifications au moindre coût et selon un temps préalablement alloué.

Matériel

Chaque équipe de 4 à 6 étudiants aura besoin de :

- | | | |
|---|-----------------|-------------------------|
| - 1 ou 2 ensembles K'NEX Education | - Ciseaux | - Journal de l'étudiant |
| Introduction aux structures : les ponts | - Trombones | |
| - Ficelle ou corde | - Cure-pipes | |
| - Papier | - Pailles | |
| - Crayons | - Ruban adhésif | |

Procédure

Introduction

- Maintenant qu'ils ont étudié tous les types de ponts, les étudiants devraient comprendre que même si l'endroit de construction et la fonction des ponts sont des facteurs importants dans le choix des ingénieurs, il y en a d'autres à tenir en compte. Le coût de construction du pont et l'échéancier sont aussi très importants. Malgré le fait qu'ils ne doivent pas choisir des matériaux de moindre qualité pour ne pas diminuer la sécurité du pont, ils doivent respecter un certain budget. Ils doivent aussi considérer que seulement certains matériaux sont disponibles pour la construction d'un pont et que ceci peut affecter la façon dont il sera construit. Respecter l'échéancier est aussi très important, sinon le pont coûtera plus cher et la circulation sera affectée sur une plus longue période de temps.
- Expliquez aux étudiants qu'ils représenteront une compagnie, en équipe de 4 à 6 étudiants. Ils doivent construire un pont qui supportera une certaine charge. Chaque équipe doit d'abord choisir son nom de compagnie.

La tâche de la conception

- Concevoir et fabriquer un pont d'une portée de 40 cm pouvant supporter une charge de 50 g en son centre. Le pont doit posséder un tablier où la circulation pourra s'effectuer.

Conditions de la compétition

- L'activité sera une compétition durant laquelle les équipes devront construire un pont grâce aux matériaux en leur possession. Les compagnies décident quels matériaux seront adéquats pour leur modèle.
- Les compagnies ne peuvent pas utiliser les pièces K'NEX dans leurs modèles finaux, mais ils peuvent s'en servir pour essayer et tester leurs idées.
- Les compagnies auront un temps de 45 minutes alloué à la conception, durant lequel ils devront choisir le type de pont, puis estimer et acheter le matériel nécessaire à sa construction. Un autre 45 minutes sera alloué pour la construction.

- Les matériaux seront achetés à l'enseignant selon les prix suivants :
 - Feuille de papier : 5 \$
 - Ruban adhésif : 1\$ pour 10 cm
 - Trombones : 0,50 \$ chacun
 - Pailles : 1 \$ chacune
 - Cure-pipes : 2\$ chacun
 - Corde : 1\$ pour 10 cm
- Les équipes qui auront le mieux planifié leur modèle n'auront pas de surplus à la fin de l'activité. Ceux qui auront du matériel supplémentaire pourront le revendre à l'enseignant à la moitié du prix d'achat. Ceux qui devront acheter du matériel supplémentaire après la période d'achat initiale devront déboursier deux fois le prix.
- Les compagnies doivent trouver un nom à leur pont.

La Gagnant

- La compagnie gagnante sera celle dont le pont rencontre le mieux les spécifications de départ au coût le plus bas et construit pendant la période de temps allouée.

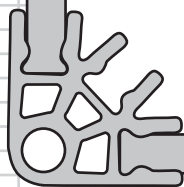
Activité de conception et de construction

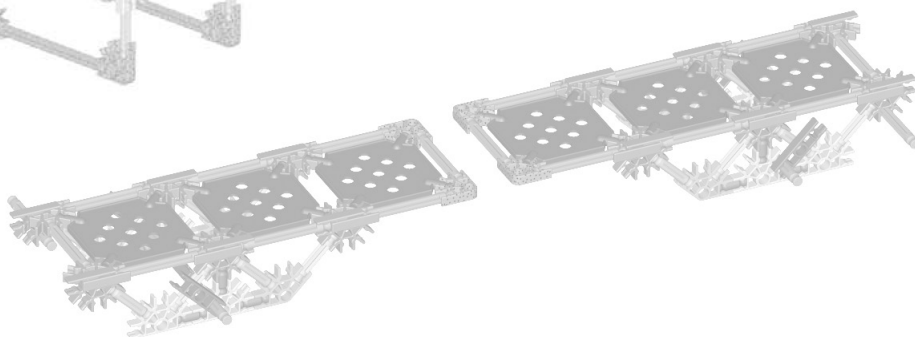
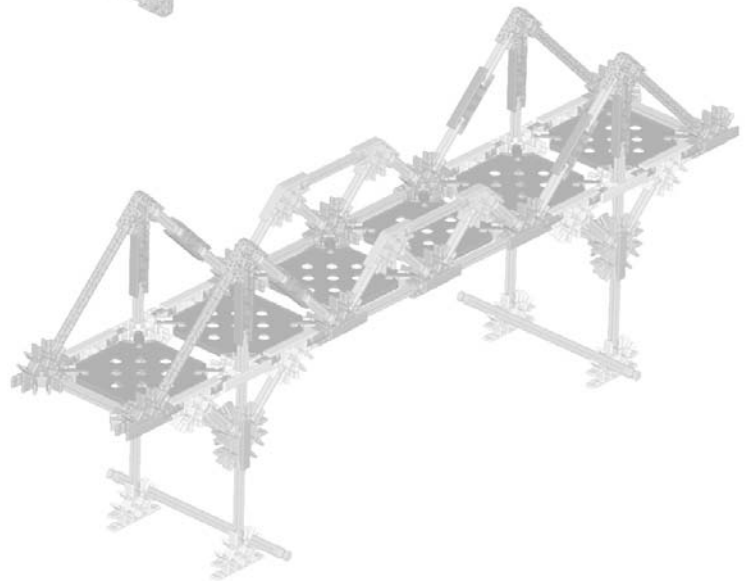
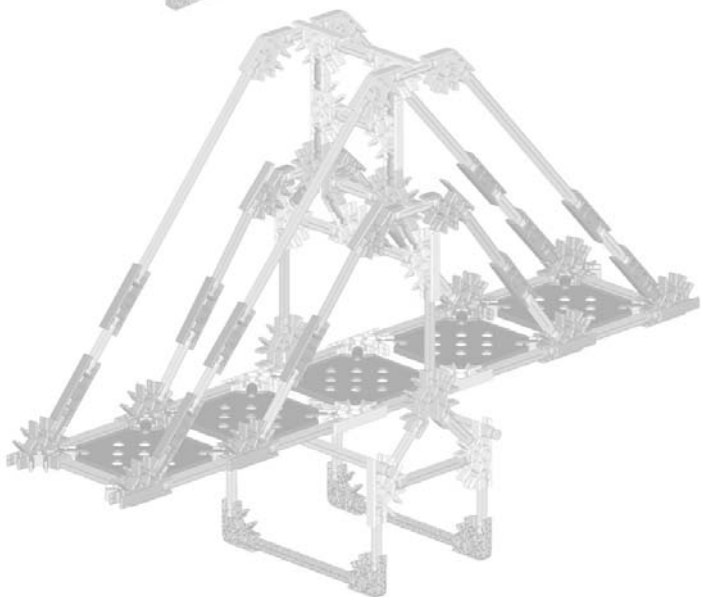
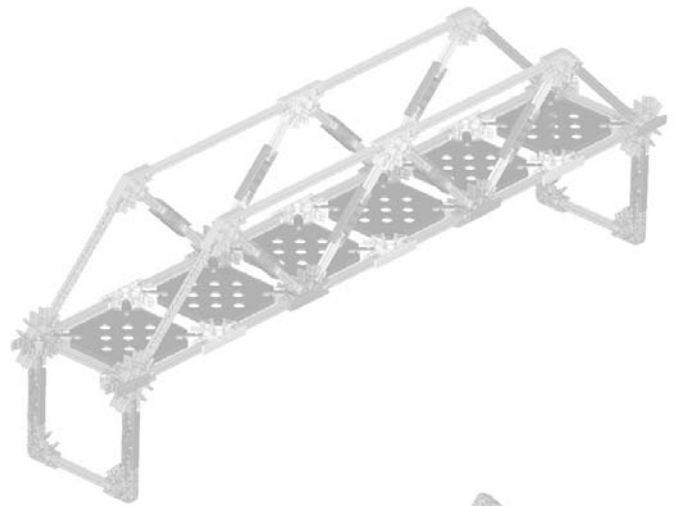
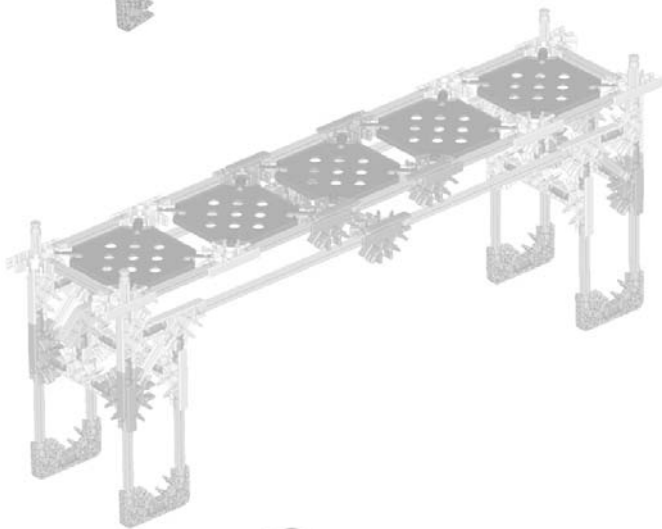
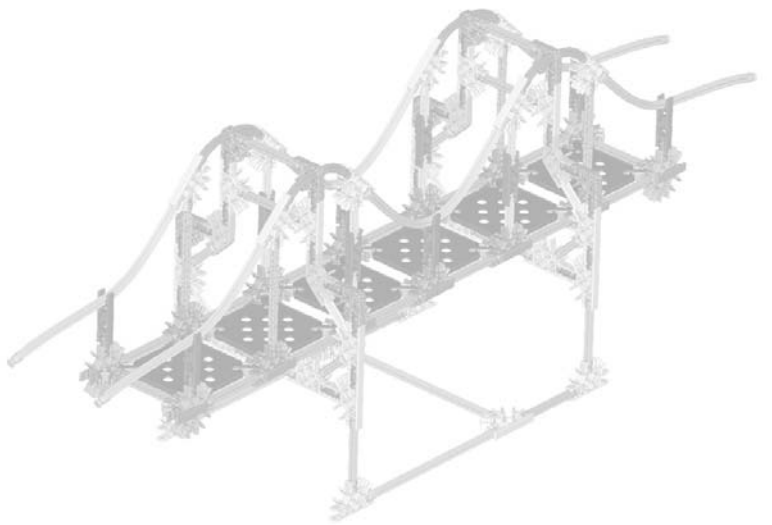
- Rappelez aux étudiants qu'une bonne planification et de bons tests sont la clé pour remporter cette compétition. Les étudiants devraient être encouragés à utiliser des matériaux non-officiels pour tester leurs prototypes.
- Suggérez que les compagnies inscrivent toutes leurs idées de conception ainsi que les raisons d'un rejet ou d'une acceptation. Les étudiants devraient commenter chaque modification apportée au modèle durant la période de conception.
- Encouragez les membres de l'équipe à travailler ensemble et à s'entraider pour s'assurer de rencontrer l'échéancier. Rappelez que vous observerez le fonctionnement de leur équipe pour vous assurer que tout le monde participe. Ils peuvent choisir de s'attribuer des rôles ou des fonctions pour le travail.
- Rappelez aux compagnies d'utiliser leur Journal pour garder un compte du matériel utilisé. Ils peuvent organiser cette information en tableau, en inscrivant chaque type de matériau et la quantité d'achat prévue et la quantité d'utilisation réelle. Ils doivent calculer les coûts en additionnant les coûts des matériaux.
- Lorsqu'ils évaluent leurs modèles, ils devraient se poser les questions suivantes :
 - Comment le rendre stable?
 - Comment le rendre plus fort?
 - Quels sont les points faibles?
 - Comment pouvons-nous les renforcer?
- Permettez à chaque équipe de vérifier si son modèle peut supporter un poids de 50g.
- Vérifiez les coûts et les temps de construction de chacune des équipes et remettez le contrat de construction à la compagnie ayant rencontré toutes les spécifications du budget, du temps et de la capacité. (Vous pourriez préparer un document ressemblant à un contrat...)

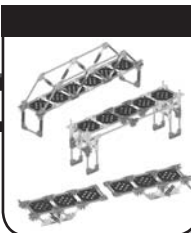
● Suite à la compétition, demandez aux étudiants de :

- 🌀 décrire les problèmes rencontrés et les moyens utilisés pour le surmonter.
- 🌀 décrire comment ils pourraient améliorer leur modèle – quels sont les points faibles et comment les améliorer.
- 🌀 expliquer comment ils auraient pu construire leur pont plus résistant mais avec moins de matériaux.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.





**Feuille d'activités 1****Les ponts-poutres**

Inscrivez de courtes phrases pour décrire chacune des parties d'un pont-poutres et sa fonction.

1. PILIERS _____

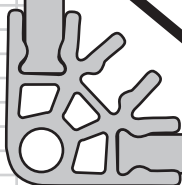
2. POUTRE _____

3. PORTÉE _____

4. TABLIER _____

5. RAMPE _____

6. MAIN COURANTE _____



Réponses :

Feuille d'activités 1 : LES PONTS-POUTRES

PILIER : Supports verticaux soutenant le pont-poutres

POUTRE : Charpente horizontale reposant sur les piliers.

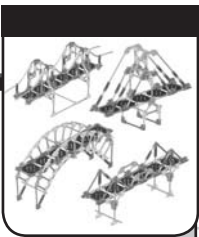
PORTÉE : Distance entre les piliers.

TABLIER : Fondation sur laquelle la chaussée ou le trottoir sont construits sur la poutre.

RAMPE : Section inclinée reliant la poutre à la terre.

MAIN COURANTE : Barrière protectrice le long du tablier empêchant ce qui circule sur le pont de tomber en bas.





Feuille d'activités 2 :

Les poutes triangulées enchevêtrées

Associez les dessins de différents ponts en poutre à treillis à leur nom. Reliez-les grâce à un trait.

BALTIMORE (poutre de Pratt)

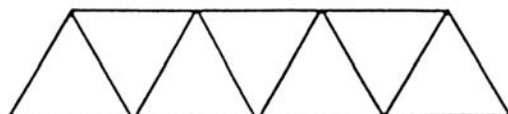
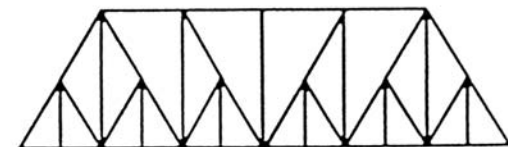
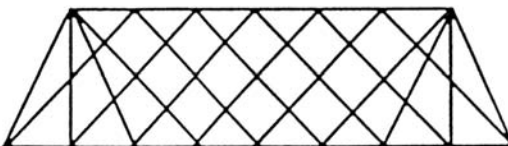
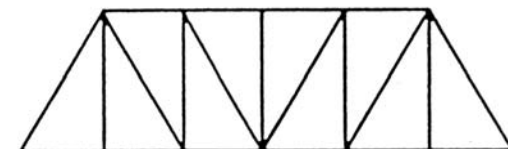
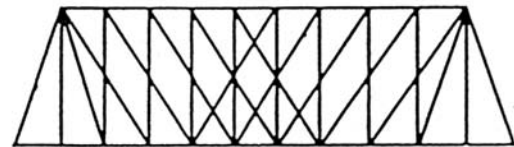
WARREN

PENNSYLVANIE (poutre de Pratt)

TREILLIS

POUTRE DE PRATT

TYPE WHIPPLE



Réponses :

Feuille d'activités 2 : Les poutres triangulées enchevêtrées

BALTIMORE (poutre de Pratt)

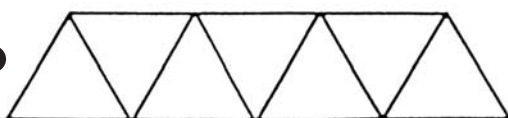
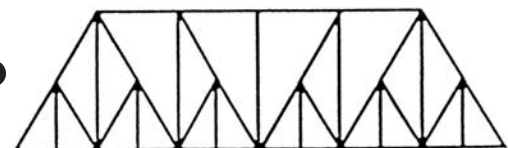
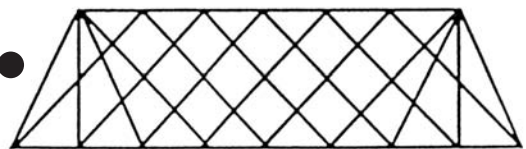
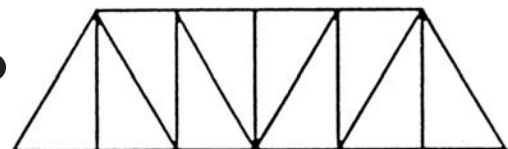
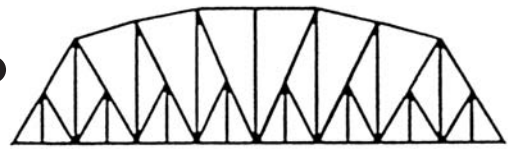
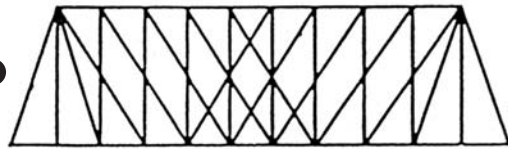
WARREN

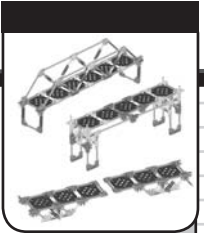
PENNSYLVANIE (poutre de Pratt)

TREILLIS

POUTRE DE PRATT

TYPE WHIPPLE





Feuille d'activités 3

Le pont à arche

Pouvez-vous compléter les phrases suivantes associées au pont à arche en utilisant les mots de l'encadré? Lorsque vous aurez complété les espaces pour toutes les phrases, utilisez les lettres en caractère gras et en les replaçant en ordre pour former la réponse à la question suivante :

À quoi servaient les arches avant la construction de pont?

1. Les côtés du pont rattachés à la terre et supportant l'arche :

2. Trois matériaux utilisés pour construire des ponts à arche :

3. Arches très longues utilisées spécifiquement pour transporter de l'eau :

4. La force ayant le plus d'impact sur le pont à arche :

5. Le groupe de personnes qui ont développé le pont à arches :

6. La pierre centrale sur laquelle toutes les autres pierres s'appuient pour supporter l'arche :

ACIER

COMPRESSION

CLÉ DE VOÛTE

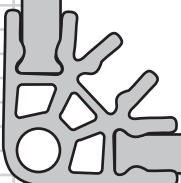
ROMAINS

BÉTON

AQUEDUCS

ABOUTEMENTS

PIERRE

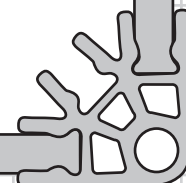


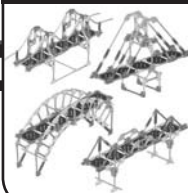
Réponses :

FEUILLE D'ACTIVITÉS 3 : LE PONT À ARCHE

- | | |
|-------------------------|-----------------|
| 1. aboutements | 4. compression |
| 2. pierre, béton, acier | 5. Romains |
| 3. aqueducs | 6. clé de voûte |

**Les arches étaient utilisées pour
la décoration.**

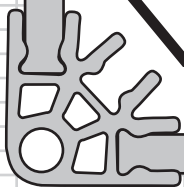


**Feuille d'activités 4****L'exclusivité à propos des ponts suspendus**

Voici quelques énoncés à propos des ponts de suspendus.
Déterminez s'ils sont vrai ou faux.

Si un énoncé est faux, transformez-le pour qu'il devienne vrai.

- _____ 1. Tous les ponts suspendus ont trois choses en commun : deux grandes tours, de forts ancrages, des câbles fabriqués de plusieurs filins.
- _____ 2. Le tablier est suspendu aux câbles.
- _____ 3. Les ponts suspendus ont habituellement la plus longue portée simple de tous les ponts.
- _____ 4. Plus le pont suspendu est long, plus les tours peuvent être basses.
- _____ 5. Le pire ennemi du pont suspendu est la pluie qui fait rouiller les câbles d'acier.
- _____ 6. Certains des ponts les plus célèbres au monde sont des ponts suspendus.
- _____ 7. Les câbles d'un pont suspendu ne sont pas sous tension.
- _____ 8. L'une des dernières étapes dans la construction d'un pont est l'ancrage des câbles.

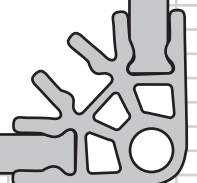


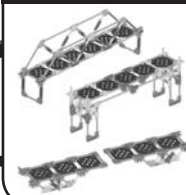
Réponses :

FEUILLE D'ACTIVITÉS 4 :

L'exclusivité à propos des ponts suspendus.

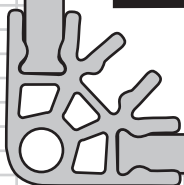
1. Vrai
2. Vrai
3. Vrai
4. Faux : Plus un pont suspendu est long, plus les tours doivent être hautes.
5. Faux : Le pire ennemi d'un pont suspendu est le vent qui le fait balancer et se tordre.
6. Vrai
7. Faux : Les câbles d'un pont suspendu sont sous tension.
8. Faux : L'une des dernières étapes de la construction d'un pont suspendu est de suspendre le tablier.



**Feuille d'activités 5****Les ponts à câbles**

Les énoncés suivants représentent des caractéristiques de ponts. Faites un crochet à côté des énoncés correspondant au pont à câbles.

- _____ Les câbles sont attachés de la tour au tablier.
- _____ Ce type de pont peut facilement avoir une portée de moins de 1000 mètres.
- _____ Une tour supporte une section équilibrée du tablier.
- _____ Les ancrages ne sont pas nécessaires à l'extrémité des câbles.
- _____ Le tablier se soulève pour permettre à la navigation de passer dessous.
- _____ Les aboutements sont toujours une composante de ce type de pont.
- _____ La tension est la force agissant sur les câbles.
- _____ Une clé de voûte permet aux autres pièces de demeurer en place.

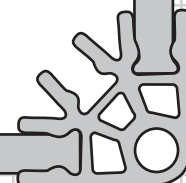


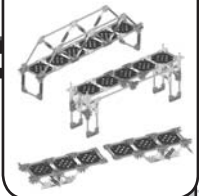
Réponses :

FEUILLE D'ACTIVITÉS 5 : Les ponts à câbles

Les principes suivants s'appliquent au pont à câbles.

- ✓ Les câbles sont attachés de la tour au tablier.
- ✓ Ce type de pont peut facilement avoir une portée de moins de 1000 mètres.
- ✓ Une tour supporte une section équilibrée du tablier.
- ✓ Les ancrages ne sont pas nécessaires à l'extrémité des câbles.
- ✓ La tension est la force agissant sur les câbles.

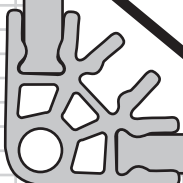



Feuille d'activités 6
NOMMEZ CE PONT

Les énoncés suivants sont associés à différents types de ponts. Associez chaque énoncé avec le bon type de pont. Vous pouvez utiliser les noms plusieurs fois.

ARCHE
POUTRE
POUTRE À TREILLIS
BASCULE
CANTILEVER
SUSPENDU À CÂBLES

1. Parce que les ponts comme moi sont longs, légers et très hauts, notre pire ennemi est le vent. _____
2. Les constructeurs ont fabriqué ma première version de pierres en coin qui s'emboîtaient parfaitement ensemble. Elles sont maintenues ensemble par la pression du poids du pont. _____
3. Mon modèle est populaire lorsque la portée est de moins de 1000 mètres, principalement parce que je ne nécessite pas beaucoup de piliers ni d'ancrages. _____
4. On me décrit comme une sorte de levier, quelque chose qui est contrebalancé et dont, lorsqu'une partie est soulevée, l'autre s'abaisse. _____
5. Dans le passé j'étais principalement utilisé pour traverser de courtes distances. _____
6. La force de mon modèle provient de l'utilisation de triangles. _____
7. Les ponts comme moi sont habituellement constitués de deux poutres, chacune supportée par un pilier. _____
8. Je suis un nouveau type de pont qui inclut les caractéristiques du cantilever et du pont suspendu. Je suis plus facile à construire qu'eux, mais je ne couvre que de petites distances. _____
9. Deux exemples de mon modèle sont le pont de Brooklyn et le Golden Gate. Ils ont tous les deux des tabliers suspendus à des câbles fabriqués de milliers de filins d'acier. _____
10. Je suis l'un des plus vieux et des plus simples types de ponts. Aujourd'hui je peux être un pont assez complexe, mais comme mes ancêtres, je supporte mon propre poids et les charges que je dois porter sur des piliers verticaux. _____



Réponses :

**FEUILLE D'ACTIVITÉS 6 :
NOMMEZ CE PONT**

1. suspendu
2. arche
3. à câbles
4. bascule
5. poutre
6. poutre en treillis
7. cantilever
8. à câbles
9. suspendu
10. poutre

