

11.6 Les défaillances structurelles

ATTENTES

- Démontrer sa compréhension du rapport entre la forme d'une structure et les forces externes et internes qui y agissent.
- Explorer, à partir d'expériences et de recherches, les forces qui agissent sur diverses structures ainsi que le rapport entre leur conception et leurs fonctions.
- Évaluer les facteurs à considérer dans la conception et la fabrication de produits qui répondent à un besoin précis et analyser leur impact sur la société et l'environnement.

CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Compréhension des concepts

- Distinguer les forces internes des forces externes agissant sur une structure.
- Identifier et décrire des facteurs qui pourraient contribuer à l'écroulement d'une structure.
- Identifier les facteurs qui déterminent quels matériaux conviennent à la fabrication d'un produit, ou à la construction d'une structure.

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

- Suivre les consignes de sécurité et utiliser de manière appropriée et sécuritaire les outils, l'équipement et les matériaux qui sont mis à sa disposition lors des activités.
- Explorer les facteurs qui déterminent la capacité d'une structure à supporter une charge.
- Examiner différentes techniques utilisées par les ingénieurs pour assurer la stabilité d'une structure.

Rapprochement entre les sciences, la technologie, la société et l'environnement

- Évaluer l'importance des facteurs à considérer dans la conception et la construction de structures et dispositifs à fonction particulière en tenant compte des besoins individuels, collectifs, économiques et environnementaux.

CONTEXTE SCIENTIFIQUE

Les clous à toiture

- Les clous à toiture possèdent plusieurs caractéristiques qui augmentent leur capacité à maintenir les bardeaux en place.
- La plupart des clous à toiture sont galvanisés. La galvanisation est un procédé consistant à recouvrir un objet de fer d'une couche de zinc pour empêcher la corrosion. Le zinc, comme le fer, réagit à l'oxygène. Le fer réagit à l'oxygène en formant de l'oxyde de fer (rouille), qui est très friable. La couche de zinc empêche le clou galvanisé de rouiller, en réagissant avec l'oxygène, l'eau et le dioxyde de carbone présents dans l'air pour former une mince couche de carbonate de zinc, qui résiste fortement aux réactions chimiques. Cette couche de carbonate de zinc enveloppe le clou et empêche l'eau ou l'oxygène d'atteindre le fer.
- Les clous à toiture ont une tête large. Cette tête permet au clou d'appliquer vers le bas une force de compression sur les bardeaux, et réduit les risques de décollement.

Les clous de finition, qui n'ont pas de tête, n'ont pas cette propriété.

- La tige des clous à toiture est habituellement striée ou cannelée. Cela augmente la friction entre la tige du clou et la toiture où il est enfoncé, et permet de maintenir les bardeaux en place.

La tour penchée de Pise

- La construction de la tour de Pise a débuté en 1173, mais il a fallu plus de 200 ans pour la terminer.
- En 1178, la tour était un peu plus haute qu'un édifice de trois étages. Des scientifiques pensent que le délai de près de 100 ans survenu dans les travaux a pu accroître la stabilité de la tour, en laissant le temps au sol qui la supportait de se compacter. Sans ce compactage du sol, la tour se serait effondrée peu de temps après sa construction.
- Le sol sur lequel la tour a été construite était composé d'argile, de coquillages et de sable fin. La première fondation avait une profondeur d'environ un mètre et demi.

Durée

45–60 min

À voir

Une structure stable garde sa forme et sa position très longtemps.

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

La défaillance structurelle survient lorsqu'une structure ou une partie de cette structure perd sa capacité à supporter une charge.

Vocabulaire

- défaillance structurelle

Habiletés

Observer
Analyser
Communiquer

Matériel à prévoir

(pour chaque équipe)

- 2 pinces à dessin
- 2 élastiques identiques
- 2 petits bols ou 2 verres
- 250 ml d'eau chaude
- 250 ml d'eau glacée

Ressources pédagogiques

Grille d'évaluation 2 :
Habiletés de la pensée
B02 : La démarche scientifique et l'expérimentation
Site Web de sciences et technologie, 7^e année :
www.duvaleducation.com/sciences

Ressources complémentaires

ALVAREZ, G. *Les architectes de gratte-ciel*, Québec, Arium, 2005.

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

IDÉES FAUSSES À RECTIFIER

- *Repérage* Les élèves ne réalisent peut-être pas que les conditions d'utilisation d'un objet ont de l'importance dans la stabilité de sa structure.
- *Clarification* Les conditions d'utilisation d'un objet peuvent affecter les propriétés des matériaux qui composent l'objet. La catastrophe de *Challenger* est un exemple bien connu d'un matériau qui aurait convenu à un usage dans des conditions normales, mais non dans des conditions extrêmes. Les conditions externes telles qu'une pression, une température ou une humidité excessives peuvent causer une défaillance structurelle.
- *Et maintenant?* À la fin de la leçon, demandez aux élèves : *Pourquoi le décollage de la navette Challenger aurait-il pu se dérouler autrement si la température avait été plus élevée ce jour-là?* (Le joint torique à l'origine de l'explosion n'aurait probablement pas connu de défaillance structurelle s'il avait fait plus chaud, et *Challenger* n'aurait pas explosé.)

NOTES PÉDAGOGIQUES

1 Stimuler la participation

- Regroupez les élèves en petites équipes, et fournissez à chacune un jeu de cartes. Dites aux élèves de travailler en équipe et de construire une structure aussi grosse que possible avec les cartes. La structure doit être capable de supporter le poids de quelques pièces de monnaie. Incitez ensuite les élèves à discuter des raisons pour lesquelles leurs structures se sont généralement effondrées.

2 Explorer et expliquer

- Assurez-vous que les élèves comprennent qu'une mauvaise conception est la cause la plus fréquente d'une défaillance structurelle. Encouragez-les à expliquer dans leurs propres mots ce que signifie une « mauvaise conception ».
- Dites aux élèves d'effectuer l'activité **Sciences en action : Observer l'effet de la température**.

SCIENCES EN ACTION : OBSERVER L'EFFET DE LA TEMPÉRATURE

Objectif

- Les élèves vont observer l'effet de la température sur des élastiques.

À noter

- Les matériaux réagissent de différentes façons aux températures extrêmes. Testez les élastiques pour vous assurer qu'ils produiront des réactions notables dans le cadre de cette activité. Les résultats seront plus probants si vous placez les élastiques au congélateur jusqu'au lendemain, au lieu de les mettre dans de l'eau glacée.
- L'eau doit être aussi chaude que possible afin de maximiser la différence de flexibilité dans l'élastique. Vous pouvez fournir aux élèves des béciers d'eau très chaude, et non simplement tiède.
- Dites aux élèves de ne pas toucher l'eau chaude, et de se servir d'un crayon pour sortir les élastiques de l'eau chaude et de l'eau froide.
- Les élèves trouveront peut-être étonnant qu'un élastique devienne légèrement plus court quand il est chauffé, croyant qu'un objet chauffé se dilate et qu'un objet refroidi se contracte. Expliquez-leur qu'une légère hausse de température accroît la tension dans l'élastique, et le fait se contracter légèrement.

Suggestions de réponses

- A. L'élastique placé dans l'eau chaude était plus flexible, plus mou et un peu plus long que celui qui était dans l'eau froide.
- B. Le joint torique a perdu sa flexibilité en étant exposé au froid, tout comme l'élastique dans cette activité.

- Si les élèves n'obtiennent pas de résultats perceptibles dans cette activité, vous pouvez leur proposer cette autre activité, qui permet également de démontrer l'effet de la température sur les matériaux :
 - Dites aux élèves de faire tremper des bâtonnets de bois dans l'eau pendant 5 minutes et de les mettre au congélateur pour la nuit. Le lendemain, dites aux élèves de faire tremper d'autres bâtonnets dans l'eau pendant 5 minutes. (Comme on fait tremper les deux groupes de bâtonnets, l'eau n'est pas une variable déterminante dans cette expérience.)
 - Sortez les bâtonnets du congélateur et dites aux élèves de les casser en les tenant par les deux bouts. Faites-leur ensuite casser les bâtonnets de l'autre groupe, et dites-leur de comparer la facilité avec laquelle ils ont cassé les bâtonnets des deux groupes différents.
 - Incitez les élèves à tirer des conclusions sur l'importance de tenir compte de la température quand il faut choisir des matériaux qui devront remplir une certaine fonction.
- Expliquez aux élèves que, dans les édifices, les ponts ou autres types de structures, les erreurs structurelles n'apparaissent parfois que plusieurs années après la construction. Si on utilise un métal sujet à la corrosion dans les supports d'une structure, par exemple, la corrosion ne causera pas de problème avant des mois, sinon des années.
- Indiquez aux élèves que si certaines erreurs de construction ne causent que des ennuis mineurs, d'autres erreurs peuvent compromettre la sécurité. Discutez avec les élèves d'exemples de mauvaises constructions qui peuvent être dangereuses : utiliser du bois de mauvaise qualité pour construire des édifices ou un nombre insuffisant de clous pour fixer les éléments d'une structure, ou installer des éléments structurels à un mauvais angle, par exemple.
- Attirez l'attention des élèves sur les pylônes effondrés illustrés à la figure 9 du manuel. Rappelez-leur l'activité qu'ils ont effectuée à la section 11.3, et qui leur a permis de constater la solidité des formes triangulaires. Dites-leur d'observer les formes triangulaires utilisées dans ces pylônes, et d'imaginer la charge extraordinaire qui a dû être exercée sur ces pylônes pour provoquer leur effondrement. Demandez aux élèves :
 - *Pensez-vous que cet effondrement aurait pu être évité par une meilleure conception des pylônes?* (Quelques élèves jugeront que cet effondrement a été causé par une charge extraordinaire. D'autres suggéreront que ces conditions exceptionnelles auraient pu être prévues par les ingénieures et ingénieurs pendant la conception des pylônes.)

3 Approfondir et évaluer

- Attirez l'attention des élèves sur la défaillance du parapluie illustrée à la figure 1 du manuel. Demandez-leur :
 - *Qu'est-ce qui a causé cette défaillance?* (La force exercée par le vent sur le tissu était plus grande que la force des tiges de métal qui devaient empêcher la déformation.)
 - *Le parapluie s'est-il brisé à cause d'une mauvaise conception, d'un défaut de construction, d'une charge extraordinaire ou d'une combinaison de ces facteurs?* (Ce bris était dû à une charge extraordinaire : la grande force du vent. On peut toutefois attribuer ce bris à une mauvaise conception, si on considère que les parapluies devraient être fabriqués pour résister à des vents violents.)
- Encouragez les élèves à trouver des exemples de défaillance structurelle dans leur vie quotidienne. Dites-leur de classer ces défaillances dans l'un des quatre types de défaillances mentionnés dans cette leçon.
- Dites aux élèves de répondre aux questions de la rubrique **Vérifie ta compréhension**.

Activité de fin d'unité

Rappelez aux élèves que la sécurité a une importance prioritaire dans les équipements des terrains de jeux. Encouragez-les à réfléchir aux types de défaillance structurelle qui peuvent survenir dans ces équipements, et à faire un remue-méninges pour trouver des moyens d'éviter ces défaillances.

Occasions d'évaluation

Dans un exercice de type penser-préparer-partager, suscitez une discussion entre les élèves sur la défaillance structurelle du parapluie illustrée à la figure 1. Rencontrez les élèves deux par deux et utilisez la Grille d'évaluation 2, « Habiletés de la pensée », pour évaluer leurs réponses.

VÉRIFIE TA COMPRÉHENSION – SUGGESTIONS DE RÉPONSES

1. **a)** Les quatre causes possibles d'une défaillance structurelle sont une mauvaise conception, une mauvaise construction, des charges extraordinaires et une défaillance de la fondation.
b) Mauvaise conception : l'explosion de la navette spatiale *Challenger* causée par un joint torique; mauvaise construction : l'effondrement du magasin Sampoong en Corée du Sud; charge extraordinaire : la tempête de verglas qui a causé l'effondrement des pylônes; défaillance de la fondation : la tour de Pise.
c) Exemple de réponse : L'explosion de la navette *Challenger* aurait pu être évitée si le joint torique avait été conçu avec un autre matériau, moins sensible aux variations de température. L'effondrement du magasin aurait pu être évité si les responsables de la construction avaient utilisé des matériaux de meilleure qualité pour empêcher la corrosion. Les dommages causés aux pylônes auraient pu être évités si les spécialistes en ingénierie les avaient conçus pour résister à des forces plus grandes que celles qui sont normalement anticipées. La tour de Pise ne se serait pas inclinée si on avait construit une meilleure fondation et si on avait examiné les propriétés du sol avant de choisir cet emplacement.
2. **a)** La cause la plus probable de cette défaillance est la charge extraordinaire. Le tricycle a été conçu et testé pour supporter le poids d'un jeune enfant, mais non celui d'un élève de 12 ans.
b) Cette défaillance aurait pu être évitée si le tricycle avait été conçu pour supporter des charges plus grandes que celles qui sont normalement prévues. Cependant, comme ce tricycle n'était pas destiné à une personne de 12 ans, les consommatrices et consommateurs ont aussi leur part de responsabilité dans la prévention des défaillances, en utilisant les produits pour les usages prévus dans leur conception.

Enseignement différencié

Outils +

- Les élèves qui ont besoin de soutien additionnel pour lire et comprendre les concepts présentés dans cette section profiteront d'une attention personnalisée; invitez-les à venir vous voir pour vous poser des questions.

Défis +

- Suggérez aux élèves de faire une présentation avec traitement de texte sur une défaillance structurelle célèbre survenue dans un édifice, un pont ou un autre type de structure. Les élèves doivent utiliser les notions et les termes étudiés au cours de ce chapitre.

Élèves en français langue seconde

FLS

- Dites aux élèves en FLS de dresser une liste des mots difficiles ou nouveaux rencontrés dans cette section et d'écrire leurs définitions. Encouragez-les à consulter leur liste régulièrement pour se familiariser avec ces termes.

PROGRESSION DANS L'APPRENTISSAGE

Ce qu'il faut surveiller

Ce qui indique que les élèves peuvent...

- nommer les quatre causes possibles des défaillances structurelles;
- donner des exemples illustrant de quelle façon une structure peut s'effondrer;
- reconnaître qu'une mauvaise conception est la cause la plus fréquente des défaillances structurelles.