

11.7

Résous un problème technologique : Prévenir 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.

CONTENUS D'APPRENTISSAGE

Compréhension des concepts

- Reconnaître que la position du centre de gravité d'une structure influe sur sa stabilité.
- Identifier les caractéristiques d'une force (ampleur, direction, point et plan d'application) qui ont un impact sur une structure.
- 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.
- Concevoir et construire une structure et utiliser ce modèle pour examiner l'effet de l'application de différentes forces sur celle-ci.
- Utiliser le processus de résolution de problèmes technologiques pour concevoir et construire une structure et tester sa performance structurale pour supporter une charge.
- Utiliser les termes justes pour décrire ses activités d'expérimentation, de recherche, d'exploration et d'observation.
- Communiquer oralement et par écrit en se servant d'aides visuelles dans le but d'expliquer les méthodes utilisées et les résultats obtenus lors de ses expérimentations, ses recherches, ses explorations ou ses observations.

CONTEXTE SCIENTIFIQUE

Les mesures de protection contre les tremblements de terre

- Dans les régions où les tremblements de terre sont fréquents, des techniques spéciales doivent être utilisées dans la construction des ponts et des édifices, afin de prévenir toute défaillance structurelle. Le sol supportant ces structures peut être soumis à des mouvements horizontaux et verticaux qui peuvent être lents comme ils peuvent être brusques. Les matériaux de construction, surtout ceux utilisés pour les toitures, doivent être aussi légers que possible afin de réduire la charge permanente en cas de mouvements horizontaux. L'isolation à la base est une technique souvent utilisée pour minimiser l'impact d'un tremblement de terre sur les structures. Des appuis et des amortisseurs sont installés entre la fondation et l'édifice. Ce dispositif améliore la stabilité de l'édifice lorsque sa fondation bouge.

Les essais non destructifs

- Pour prévenir les défaillances structurelles, il est important d'inspecter les structures afin de déceler les défauts ou les dommages, surtout lorsqu'on soupçonne des défauts de conception ou que l'âge de la structure devient un facteur préoccupant. Il faut, par exemple, procéder à des tests réguliers pour déceler les fissures dans les avions, l'affaiblissement des barres d'armature dans le béton et la corrosion des éléments métalliques des édifices. Il existe plusieurs types d'essais non destructifs, comme celui qui consiste à diriger un faisceau de neutrons radioactifs sur la coque d'un navire. Normalement, les neutrons ne pénètrent pas dans la coque, mais s'il y a des fissures microscopiques, l'infiltration des neutrons pourra être détectée. On teste également des éléments de ponts ou d'édifices en les bombardant d'ondes ultrasoniques qui permettent de révéler les défauts et les variations dans l'épaisseur des matériaux.

Durée

45–60 min

À voir

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

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

Habiletés

Définir un problème ou un besoin
Planifier
Choisir le matériel
Concevoir
Tester
Modifier
Communiquer

Matériel à prévoir

(pour chaque équipe de deux élèves)

- ventilateur électrique
- calculatrice
- ciseaux
- 3 feuilles de papier journal
- ruban-cache
- banderoles en papier

Ressources pédagogiques

DR 0.0-4 : Organisateur graphique : tableau comparatif
Grille d'évaluation 8 : Résous un problème technologique
Résumé de l'évaluation 8 : Résous un problème technologique
Liste de vérification de l'autoévaluation 4 : Résous un problème technologique
B04 : La résolution de problèmes technologiques
B05 : Le matériel scientifique et la sécurité
Site Web de sciences et technologie, 7^e année : www.duvaleducation.com/sciences

NOTES PÉDAGOGIQUES

Ressources complémentaires

COLLECTIF. *Architecture autrement*, Bruxelles, Archives architecture moderne, 2006.

COLLECTIF. *Histoire de l'architecture*, Paris, National Geographic, 2009.

MORRISSET, Lucie K., et autres. *Patrimoine moderne*, Québec, Éditeur officiel du Québec, 2004.

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



Consignes de sécurité

- Rappelez aux élèves de faire preuve de prudence en utilisant les ciseaux.
- Rappelez aux élèves qu'on ne doit jamais approcher ses doigts d'une hélice de ventilateur en mouvement.

Mise en situation

- Assurez-vous que les élèves comprennent que leur expérience n'aura pas été un échec même si leur structure connaît une défaillance. Dites-leur que, en ingénierie, on teste régulièrement des structures à l'aide de maquettes et que, même au niveau professionnel, il est rare qu'un modèle obtienne une note parfaite au premier essai. Dans la plupart des cas, la réussite finale est atteinte grâce aux connaissances acquises à la suite de plusieurs séries de tests.

Plan de conception

- Quand les élèves ont lu ce paragraphe, encouragez-les à poser toutes les questions qui leur viennent à l'esprit avant d'entreprendre l'activité. Si les élèves ne savent pas quel type de structure ils devraient construire, dites-leur qu'ils pourront faire des recherches dans Internet, ce qui leur permettra de voir différents types de structures et leur donnera des idées.
- Les élèves vont étudier deux aspects complémentaires du processus d'ingénierie : 1) concevoir une structure la plus haute et la plus stable possible, et 2) améliorer la structure pour qu'elle surpasse les normes de sécurité établies. L'objectif est de construire une tour aussi haute que possible qui pourra rester stable à une distance de un mètre d'un ventilateur en marche. Une fois cet objectif atteint, les élèves vont tenter d'améliorer leur structure pour qu'elle surpasse les normes de sécurité, reste stable et puisse résister à des vents encore plus forts que ceux qui sont anticipés normalement (en la rapprochant du ventilateur).

Matériel

- Rappelez aux élèves que les seuls matériaux mis à leur disposition pour construire leurs structures seront 3 feuilles de papier journal et 75 cm de ruban-cache. Les élèves ne pourront donc pas se contenter d'augmenter la masse de leur structure pour la rendre plus solide.
- Tel qu'illustré à la figure 1 du manuel, les élèves vont fabriquer des capteurs avec des banderoles en papier. À cause de la minceur et de la fragilité des banderoles, ces capteurs sont plus vulnérables aux défaillances quand ils sont exposés au test de soufflerie. Ainsi, un capteur qui se brise plus rapidement qu'un autre indique que cette partie de la structure est plus vulnérable et doit probablement être renforcée.

Explore des pistes de solution

- Pendant leurs recherches, encouragez les élèves à comparer le procédé utilisé dans cette activité aux vrais tests de soufflerie aérodynamique pratiqués dans l'industrie. Les élèves doivent en effet pouvoir identifier les forces et les faiblesses de leurs modèles (c'est-à-dire, cette expérience avec une maquette de papier et un ventilateur permet-elle de bien simuler les conditions d'un test réel?) Le DR 0.0-4, « Organisateur graphique : tableau comparatif », pourra les aider à faire cette analyse.

Planifie et fabrique

- Expliquez aux élèves que leur marche à suivre détaillée devra recevoir votre approbation avant qu'ils puissent commencer la construction de leur structure.
- En général, la stabilité d'une structure augmente lorsque la surface de sa section transversale diminue. Les élèves pourront donc constater qu'une forme élancée et mince peut être rigide et très stable. Si des élèves construisent une structure de ce type, reconnaissez sa stabilité et sa conformité aux exigences établies dans le plan de conception, mais encouragez-les à tenir compte également de la fonctionnalité de leur structure. Demandez aux élèves : *Une tour haute et mince est une structure stable, mais est-ce une forme qui convient à un édifice? Ce type de conception serait-il pratique?*

Teste et modifie

- Les ventilateurs ont des vitesses réglables. Il est préférable de régler le ventilateur à la vitesse maximale, ou à la vitesse moyenne si le ventilateur utilisé est gros et puissant.
- Avant de soumettre leur structure au test de soufflerie, les élèves doivent s'assurer qu'elle est autoportante (qu'elle peut demeurer stable sans appui extérieur).
- Quand les élèves auront réussi à concevoir une structure qui satisfait aux critères établis dans le plan de conception et résiste au vent à une distance de un mètre du ventilateur, encouragez-les à améliorer leur conception pour qu'elle surpasse les exigences et résiste à un vent plus fort (en demeurant stable quand on la rapproche du ventilateur). Indiquez aux élèves que, pour obtenir un facteur de sécurité plus élevé, il faut habituellement renforcer les matériaux de construction, ou ajouter des matériaux pour renforcer la structure. Même si le type et la quantité de matériaux à utiliser dans la construction sont limités, encouragez les élèves à voir si certains matériaux utilisés dans leur structure ne pourraient pas être déplacés sans nuire à la stabilité, et replacés à un endroit plus critique afin de renforcer la structure (en augmentant le facteur de sécurité).

Évalue

1. Exemple de réponse : Notre première structure a basculé lors du test de soufflerie. Le centre de gravité de la tour devait être trop haut.
2. Exemple de réponse : Nous avons modifié la structure pour que sa partie supérieure soit plus étroite et plus légère que sa base.
3. Exemple de réponse : Les capteurs sont faits avec des matériaux plus fragiles que le reste de la structure. Ils permettent aux ingénieurs et ingénieures de prévoir les risques de défaillance. Nous avons utilisé les capteurs pour savoir si certaines parties de notre structure risquaient de perdre leur stabilité ou de se briser.
4. Exemple de réponse : Notre structure est tombée quand on a approché le ventilateur à une distance de 95 cm. Notre facteur de sécurité était donc de 1,05.
5. Exemple de réponse : Je ne pense pas que nous ayons amélioré suffisamment notre structure pour qu'elle soit vraiment sécuritaire. Notre structure est tombée après une légère augmentation de la force du vent (rapprochement du ventilateur). Dans les conditions du monde réel, il aurait suffi d'un vent légèrement plus fort que prévu pour causer une défaillance structurelle.
6. Exemple de réponse : Une tour dont le facteur de sécurité est inférieur à 1 ne serait sécuritaire que dans un endroit où les vents puissants sont très improbables. Il serait préférable de prévoir des vents plus forts que ceux qui sont normalement anticipés dans la région.

Occasions d'évaluation

Vous pouvez utiliser la Grille d'évaluation 8, « Résous un problème technologique », et une autre grille de fabrication d'un objet, pour évaluer le travail effectué par les élèves au cours de cette activité.

7. Exemple de réponse : La tour qui a le facteur de sécurité le plus élevé n'est pas la plus haute. Une tour plus haute risque davantage de basculer quand on rapproche le ventilateur.
8. Exemple de réponse : Je pense que tout matériau peu résistant ou fragile peut convenir à la fabrication d'un capteur. En utilisant des capteurs à différentes hauteurs et sur différents côtés de la tour, il est possible de tester la stabilité de la tour et sa résistance à des vents violents soufflant dans toutes les directions.

Communiquer les résultats

- Les élèves trouveront des conseils sur la façon de présenter leurs résultats à la section 4.B.7. de *La boîte à outils*, « Communiquer ».
- Même si la conception, la construction et les tests de la tour ont été effectués en équipe, chaque élève doit préparer son propre rapport.

Enseignement différencié

Outils +

- Les élèves auront peut-être besoin d'aide pour trouver les mots clés à utiliser pour leurs recherches dans Internet. Suggérez-leur les termes suivants : *test de soufflerie*, *défaillance structurelle* et *stabilité d'une structure*.

Défis +

- Dites aux élèves de tester leur structure en plaçant le ventilateur à plusieurs angles différents, pour s'assurer qu'elle peut résister au vent dans toutes les directions.

Élèves en français langue seconde

FLS

- Permettez aux élèves en FLS de présenter des diagrammes annotés et une feuille affichant leurs calculs et leurs résultats dans leur rapport final, sans nécessairement y inclure de longs textes.

PROGRESSION DANS L'APPRENTISSAGE

Ce qu'il faut surveiller

Ce qui indique que les élèves peuvent...

- se servir des outils et du matériel de manière sécuritaire et appropriée ;
- concevoir et construire une maquette pour étudier les effets du vent sur une structure ;
- utiliser le processus de résolution de problèmes technologiques pour déterminer le meilleur moyen pour une structure de supporter une charge ;
- communiquer efficacement les résultats (procédés utilisés et produit fabriqué) de leur expérience.