



# Charge critique



Présenté par TryEngineering - [www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org)  
Cliquez ici pour donner votre avis sur cette leçon.

---

## Objet de la leçon

Cette leçon traite des questions et problèmes auxquels les ingénieurs civils doivent répondre, tels que la charge critique et comment renforcer la conception d'une structure de sorte qu'elle supporte plus de poids.

---

## Sommaire de la leçon

L'activité « Charge critique » explore les concepts de l'ingénierie des constructions et explique comment mesurer la charge critique ou le poids maximum qu'une structure peut supporter. Les élèves étudient les structures de base, apprennent comment les renforcer, à sélectionner les matériaux, à travailler en équipe, à concevoir et construire une structure prototype qui supporte des poids de plus en plus élevés.

---

## Niveaux d'âge

8-14 ans.

---

## Objectifs

- ✦ Etudier le génie civil et apprendre à tester une structure de construction.
- ✦ Etudier les notions d'indices d'efficacité et de charge critique.
- ✦ Apprendre le travail d'équipe et la résolution des problèmes techniques.

---

## Résultats escomptés à la fin de la leçon

Au terme de cette activité, les élèves devraient acquérir une compréhension des sujets suivants :

- ✦ les indices d'efficacité et la charge critique
- ✦ la conception et le test des structures
- ✦ la résolution des problèmes techniques
- ✦ le prélèvement des mesures et l'établissement de rapports
- ✦ le travail d'équipe

---

## Activités de la leçon

Les élèves apprennent à tester des structures afin de déterminer la charge maximale admissible en élaborant des prototypes de bâtiments avec des cartes à jouer. La résolution des problèmes, le travail d'équipe et le processus de conception technique sont les sujets abordés dans cette leçon. Dans un premier temps, les élèves travaillent individuellement pour construire une structure, puis en équipes, ils assemblent divers matériaux en vue de concevoir la structure la plus solide, d'évaluer la capacité de charge et la charge critique et de discuter des raisons pour lesquelles le prototype le plus solide était la meilleure solution. Les élèves examinent également des exemples de succès et d'échecs architecturaux.

---

## Ressources/Matériaux

- ✦ Documents de ressource aux enseignants (en pièces jointes)
- ✦ Fiche de ressource aux élèves (en pièce jointe)
- ✦ Feuille de travail des élèves (en pièce jointe)

---

## Alignement sur les structures des programmes scolaires

Voir la fiche ci-jointe décrivant l'alignement des programmes scolaires.

---

## Liens Internet

- ✦ TryEngineering ([www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org))
- ✦ Bryan Burg Cardstacker (en anglais) ([www.cardstacker.com](http://www.cardstacker.com))
- ✦ Great Structures of the World (en anglais) (<http://greatstructures.info>)
- ✦ McREL Compendium of Standards and Benchmarks (en anglais) ([www.mcrel.org/standards-benchmarks](http://www.mcrel.org/standards-benchmarks)) Une compilation des normes en matière de contenu des programmes scolaires de la maternelle au secondaire, en formats recherche et navigation.
- ✦ *National Science Education Standards* (en anglais) ([www.nsta.org/standards](http://www.nsta.org/standards))

---

## Lecture recommandée (en anglais)

- ✦ « Stacking the Deck: Secrets of the World's Master Card Architect », de Bryan Berg (ISBN : 0743232879)
- ✦ « Why Buildings Stand Up: The Strength of Architecture », de Mario Salvadori (ISBN : 0393306763)
- ✦ « Why Buildings Fall Down: How Structures Fail Architecture », de Mario Salvadori (ISBN : 039331152X)

---

## Activités d'écriture facultatives

- ✦ Rédigez une dissertation ou un paragraphe décrivant un édifice reconnaissable dans votre ville. Décrivez son histoire, les défis dignes d'intérêt qui se sont posés en termes d'ingénierie de l'édifice, ainsi que les défis de conception et de construction que les ingénieurs ont dû relever.

# Charge critique



## Pour les enseignants : Alignement sur les structures des programmes scolaires

Remarque : Tous les plans de leçons de cette série sont alignés sur les normes nationales pour l'enseignement des sciences (*National Science Education Standards*), établies par le Conseil national de recherche des États-Unis (National Research Council) et approuvées par l'Association nationale des enseignants des sciences des États-Unis (National Science Teachers Association), et si applicable, sur les normes internationales d'enseignement de la technologie pour l'alphabétisation technologique (International Technology Education Association's Standards for Technological Literacy) ou sur les principes et normes en matière de mathématiques scolaires établis par le Conseil national américain des enseignants en mathématiques (National Council of Teachers of Mathematics' Principals and Standards for School Mathematics).

### ◆ Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la maternelle au primaire (4 à 9 ans)

#### **NORME DE CONTENU B : Sciences physiques**

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ Les propriétés des objets et matériaux

#### **NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social**

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ Les risques et avantages
- ✦ La science et la technologie dans la société

#### **NORME DE CONTENU G : Histoire et nature de la science**

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ L'histoire de la science

### ◆ Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la CM2 à la quatrième (10 à 14 ans)

#### **NORME DE CONTENU E : Science et technologie**

Au terme des activités effectuées de la CM2 à la quatrième, tous les élèves devraient acquérir

- ✦ Des aptitudes de conception technologique
- ✦ Une compréhension de la science et de la technologie

#### **NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social**

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ Les risques et avantages
- ✦ La science et la technologie dans la société

#### **NORME DE CONTENU G : Histoire et nature de la science**

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ La nature de la science
- ✦ L'histoire de la science

# Charge critique



**Pour les enseignants :**  
**Alignement sur les structures des programmes scolaires (suite)**

## ◆ Normes pour l'alphabétisation technologique- Tous âges

### **La nature de la technologie**

- ✦ Norme 1 : Les élèves acquerront une compréhension des caractéristiques et de la portée de la technologie.
- ✦ Norme 3 : Les élèves acquerront une compréhension des relations entre les technologies et des liens entre la technologie et d'autres champs d'étude.

### **Technologie et société**

- ✦ Norme 4 : Les élèves acquerront une compréhension des effets culturels, sociaux, économiques et politiques de la technologie.
- ✦ Norme 6 : Les élèves acquerront une compréhension du rôle de la société dans le développement et l'utilisation de la technologie.
- ✦ Norme 7 : Les élèves acquerront une compréhension de l'influence de la technologie sur l'histoire.

### **Conception**

- ✦ Norme 9 : Les élèves acquerront une compréhension de la conception technique.
- ✦ Norme 10 : Les élèves acquerront une compréhension du rôle du dépannage, de la recherche et du développement, de l'invention et de l'innovation, et de l'expérimentation dans la résolution des problèmes.

### **Aptitudes pour un monde technologique**

- ✦ Norme 11 : Les élèves acquerront des aptitudes d'application du processus de conception.
- ✦ Norme 13 : Les élèves acquerront des aptitudes d'évaluation de l'impact des produits et systèmes.

### **Le monde, objet de conception**

- ✦ Norme 20 : Les élèves acquerront une compréhension et des aptitudes de sélection et d'utilisation des technologies de construction.

# Charge critique



## Pour les enseignants : Ressources aux enseignants

### ◆ But de la leçon

Explorer les concepts de l'ingénierie des constructions et apprendre à mesurer la charge critique, c'est-à-dire le poids sous lequel une structure cédera. Les élèves étudient les structures de base, apprennent comment les renforcer, à sélectionner les matériaux, à travailler en équipe, et à concevoir et construire une structure prototype capable de supporter le plus de poids.

### ◆ Objectifs de la leçon

- ✦ Les élèves étudient le génie civil et apprennent à tester une structure de construction.
- ✦ Les élèves étudient la notion de charge critique.
- ✦ Les élèves apprennent le travail d'équipe et la résolution des problèmes techniques.

### ◆ Matériaux

- Fiches de ressource aux élèves
- Feuilles de travail des élèves
- Un jeu de matériaux par groupe d'élèves :
  - douze cartes à jouer neuves
  - un rouleau de ruban adhésif
  - 4 pièces de monnaie
- Matériaux nécessaires à la mise à l'essai :
  - Base carrée d'une brique de lait ou de jus de fruit d'1,69 l
  - Objets à utiliser comme poids de 2 à 4,5 kg (pièces de monnaie, billes, sable)



### ◆ Marche à suivre

1. Montrez aux élèves la fiche de référence à leur disposition. Elle peut être lue en classe ou donnée à lire à la maison, la veille.
2. Distribuez les matériaux à chaque équipe d'élèves et demandez-leur de mettre au point une structure qui supportera le plus de poids. Ils doivent élaborer leur structure et construire un prototype qui sera testé par l'instructeur. Donnez-leur 10 minutes pour la préparation et l'exécution.
3. L'instructeur place des poids sur le prototype de chaque équipe, en augmentant le poids jusqu'à ce que la structure s'effondre. Les élèves représentent graphiquement la charge maximale que chaque prototype est capable de supporter (le poids supporté juste avant que la structure ne s'effondre)
4. Chaque groupe d'élèves présente à la classe leur idée en expliquant pourquoi, selon eux, leur prototype a fonctionné ou pas. Demandez aux élèves quelles modifications ils apporteraient s'ils pouvaient recréer leur prototype.

### ◆ Temps nécessaire

Une ou deux sessions de 45 minutes.

# Charge critique



## Ressource aux élèves :

### Les défis posés aux ingénieurs en génie civil

#### ◆ Le rôle de l'ingénieur civil

Le rôle de l'ingénieur civil est de résoudre les problèmes et de relever les défis posés en matière de pollution, d'encombrement de la circulation, des besoins en eau potable et en énergie, du réaménagement urbain et d'aménagement des collectivités. Cette activité explique le travail des ingénieurs en bâtiment qui doivent relever le défi de concevoir des structures capables de supporter leur propre poids et les charges qu'elles portent, mais aussi qui résistent à des forces diverses comme le vent, les températures, les tremblements de terre, etc.

#### ◆ Echecs architecturaux marquants

La tour John Hancock de Boston, aux Etats-Unis, est apparemment « mieux connue pour ses défauts de conception initiaux que pour ses prouesses architecturales. » Les embardées causées par le vent étaient si sévères qu'il paraît que les personnes se trouvant aux étages supérieurs avaient le mal de mer. Ce problème fut résolu en ajoutant une paire d'amortisseurs de 300 tonnes au 58ème étage. Un autre problème sans rapport mais tout aussi fâcheux survint :



65 des 10 344 panneaux vitrés pleine hauteur s'abattirent de l'édifice pendant la construction. Heureusement, aucun passant ni ouvrier ne fut blessé ! Toujours aux Etats-Unis, un autre exemple de fiasco architectural est une bibliothèque à l'Université de Syracuse à la fin des années 1970 que l'on avait construite sans tenir compte du poids des livres qu'elle renfermerait !

#### ◆ Illustres structures

- La tour Stratosphere à Las Vegas, est la tour autoportante la plus haute (350 m) des Etats-Unis, avant la tour Eiffel et la tour de Tokyo.
- Le pont le plus haut du monde est en France : le Viaduc de Millau qui permet de franchir les gorges du Tarn. Il mesure 2 460 m de long et est soutenu par sept piliers mesurant entre 77 et 244 m de haut.
- Les tours jumelles Petronas à Kuala Lumpur, en Malaisie, sont les immeubles de bureaux les plus hauts du monde. Elle s'élèvent à 451,9 m.
- La tour CN à Toronto, dans l'Ontario, au Canada, possède le titre de « plus haut édifice et plus haute structure autoportante au monde ». Elle mesure 553,33 m de haut.
- Toujours au Canada, le centre commercial West Edmonton, dans la province d'Alberta, est le plus grand complexe commercial et de divertissement au monde. Il s'étend sur 49 hectares et compte plus de 800 boutiques !

#### ◆ Indices d'efficacité et charge critique

L'indice d'efficacité mesure le poids sous lequel une structure cédera, divisé par le poids même de la structure. Les structures les plus efficaces sont à la fois résistantes et légères, deux caractéristiques difficiles à concilier. Par exemple, les installateurs de toitures dans les régions qui subissent de fortes neiges doivent prendre en compte le poids de la neige accumulée après une énorme tempête pour déterminer la résistance des toits. On appelle « charge critique » le poids sous lequel un édifice ou une structure cédera.



# Charge critique



## Feuille de travail des élèves : Mesure de la charge critique - Page 1

### Etape 1 :

Vous avez reçu quatre cartes à jouer, du ruban adhésif et des ciseaux. En équipe et sans altérer d'aucune manière les cartes (sans les couper, par exemple), élaborer une structure capable de supporter un conteneur d'1,69 l sans s'effondrer.

### Question :

1. Quel est votre stratégie ou plan de construction ?

### Prédiction :

1. Prédisez la « charge critique » de votre structure telle que vous l'avez conçue.

### Etape 2 :

En équipe, construisez votre structure (prototype) afin de la tester.

### Etape 3 :

Votre instructeur testera votre structure en vue de déterminer le poids sous lequel celle-ci cédera, en ajoutant des poids mesurables (pièces de monnaie, sable ou autres matériaux) jusqu'à ce que la structure de cartes s'effondre. Il s'agit de la « charge critique » de votre structure.



### Questions :

1. Quelle est la « charge critique » de votre structure ?

2. Etiez-vous proche de la prédiction que vous aviez faite à l'Etape 1 ?

# Charge critique



---

## Feuille de travail des élèves : Mesure de la charge critique - Page 2

3. D'après vous, quels aspects de votre prototype ont favorisé sa capacité à supporter plus de poids ?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
4. D'après vous, quels aspects de votre prototype ont entravé sa capacité à supporter plus de poids ?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
5. Quelle était la charge critique la plus élevée de toute la classe ?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
6. Quelle était la différence entre le prototype gagnant et le vôtre ? Ou...si votre équipe a mis au point le prototype gagnant, pourquoi, d'après vous, se distinguait-il des autres ?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
7. Si vous pouviez recréer votre prototype....que changeriez-vous et pourquoi ?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
8. Selon vous, quels facteurs humains un ingénieur civil/en bâtiment doit-il prendre en compte lorsqu'il conçoit un immeuble de bureaux ? (exemples : poids des personnes et du mobilier, approvisionnement en eau, renouvellement de l'air, issues de secours)