

**Lors de la visite en classe de l'éducateur scientifique de la Boîte à science, vos élèves expérimenteront des machines simples à l'aide de montages éducatifs et amusants. Les principes de fonctionnement du levier, du plan incliné et de la poulie seront élucidés.**

**En guise de complément à l'animation de la Boîte à science, vous êtes invité à réaliser une activité préparatoire pour éveiller vos élèves à la thématique, ainsi qu'une activité de réinvestissement pour approfondir leurs apprentissages.**



### SAVOIRS ABORDÉS

- la forme et l'utilisation des machines simples (levier, plan incliné, poulie)

# La loi du **moindre effort**



**Activité préparatoire à la visite de la Boîte à science**

## **Le mystère de la construction des pyramides!**

### **Type d'activité : discussion et rédaction**

Il y a très très longtemps, alors qu'il n'y avait ni camions ni grues, comment les premières civilisations ont-elles pu réaliser de si grandes constructions? L'activité qui suit permet d'amorcer la thématique des machines simples avec vos élèves tout en tentant de résoudre le mystère de la construction des pyramides.

#### • **Durée**

45 minutes

#### • **Matériel**

- Image d'une grande pyramide égyptienne
- Local avec assez d'espace pour se déplacer librement
- Papier

### **Déroulement**

- Présentez à la classe l'image d'une grande pyramide égyptienne : celles des rois Khéops, Képhren, Mykérinos... Amorcez une discussion sur le sujet : À quelle époque ces pyramides ont-elles été construites? Quelle était leur fonction et qu'y avait-il à l'intérieur?
- Faites un bref exposé sur le contexte historique entourant la construction des pyramides (voir la section « Informations complémentaires »).
- Demandez aux élèves d'émettre des hypothèses sur le mode de construction de ces pyramides. Chaque élève doit écrire un petit texte explicatif accompagné d'un croquis ou d'un plan.
- Exposez au tableau les diverses hypothèses des élèves ou invitez-les à les présenter oralement.



### Déroulement (suite)

- En tenant compte des conceptions des élèves, introduisez la théorie la plus acceptée au sein de la communauté scientifique. Selon cette théorie, les Égyptiens auraient bâti des chaussées en pentes douces (plans inclinés) sur lesquelles les blocs de pierres auraient été traînés vers le haut de la pyramide. À la fin de la construction, ces rampes étaient détruites.

Il existe plusieurs hypothèses concernant la façon dont ces pentes étaient disposées au fur et à mesure que la pyramide se construisait. Certains spécialistes disent qu'il s'agissait d'une seule et même pente construite de front à la pyramide, alors que d'autres croient qu'il aurait pu y avoir plusieurs pentes enroulées en spirales autour de la pyramide.

Expliquez le principe mécanique derrière la pente douce. La pente douce est une machine simple appelée plan incliné. Une machine simple est utilisée pour réduire la force nécessaire à l'accomplissement d'un travail. Le plan incliné permet aux personnes de se déplacer en hauteur ou de soulever de lourds objets plus facilement. Il augmente la longueur du trajet le long duquel se déplace la personne ou l'objet, mais distribue l'effort. Donnez des exemples variés de plans inclinés : escaliers, rampe de déménagement, rampe d'accès pour fauteuils roulants, routes en pente...

- Faites-leur comparer l'efficacité de différents plans inclinés. Demandez-leur de tirer, à l'aide d'une corde, un objet lourd (ex. : dictionnaire) sur un plan incliné. En guise de plan incliné, utilisez une planche quelconque et faites varier sa pente en l'appuyant sur des surfaces de hauteurs différentes.

Les élèves devraient constater que plus la pente est faible, plus la force à exercer est faible, alors que plus la pente est importante, plus la force à exercer est grande. Expliquez aussi que la pente du plan incliné influence la longueur sur laquelle il faut faire monter la charge. Plus la pente est faible, plus la longueur est importante, alors que plus la pente est importante, plus la longueur est petite.

Ainsi, avec une pente plus faible et longue, on force moins, mais on force plus longtemps!

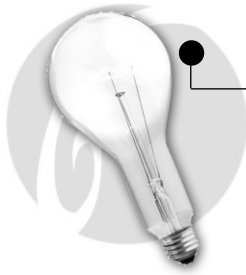
### En conclusion

Terminez en soulignant le fait qu'aucune preuve datant de la construction des pyramides ne permet de déterminer la façon précise dont ont procédé les Égyptiens. Plusieurs recherches (fouilles archéologiques, lecture des hiéroglyphes...) se font encore sur ce sujet fascinant. Mentionnez-leur qu'ils vont recevoir sous peu la visite de l'éducateur de la Boîte à science avec qui ils pourront expérimenter davantage les machines simples.

### Pour aller plus loin

Présentez, de façon générale, les moyens actuels utilisés pour faire des constructions. Le tout dans l'optique de constater l'avancement de la technologie, mais aussi de réaliser à quel point les machines simples demeurent encore aujourd'hui des principes de base en construction (grue aux poulies multiples, effet de levier d'un camion-benne...).



**Activité de réinvestissement après la visite de la Boîte à science****Le défi de la catapulte!****Type d'activité : conception d'une catapulte**

Au Moyen Âge, lorsqu'un château fort était assiégé, les assaillants utilisaient la catapulte pour lancer de gros projectiles afin d'intimider les habitants et espérer qu'ils abandonnent les lieux. Aujourd'hui, de petites catapultes sont utilisées sur les porte-avions pour donner aux avions la propulsion nécessaire au décollage en les poussant très énergiquement sur la piste. Mettez vos élèves au défi d'en fabriquer une et, par le fait même, faites-leur découvrir le principe ingénieux du levier.

**Durée approximative**

45 minutes

**Matériel**

- Cailloux de différentes tailles
- Contenants cartonnés de 2 litres de lait (13)
- Crayons de plomb (13)
- Élastiques (26)
- Petits contenants de yogourt (13)
- Petits projectiles non dangereux (13)
- Pot à fleurs ou corbeille à papier (1)
- Règles de bois ou bâtonnet de bois pour mélanger la peinture (13)
- Ruban velcro autocollant

**Déroulement**

- Invitez vos élèves à plonger dans un monde étrange: celui de deux peuples vivants sur les deux rives d'un canyon profond qui les empêche d'échanger des messages et de la nourriture. Ces peuples ont développé une technique spéciale. À chaque jour, ils s'envoient des colis par catapulte!
- Faites-leur fabriquer une catapulte de type trébuchet la plus efficace et la plus précise possible (Attention : si elle est trop efficace, vous pourriez démolir ou blesser des villageois avec vos colis!).

**Image du trébuchet à l'époque médiévale**

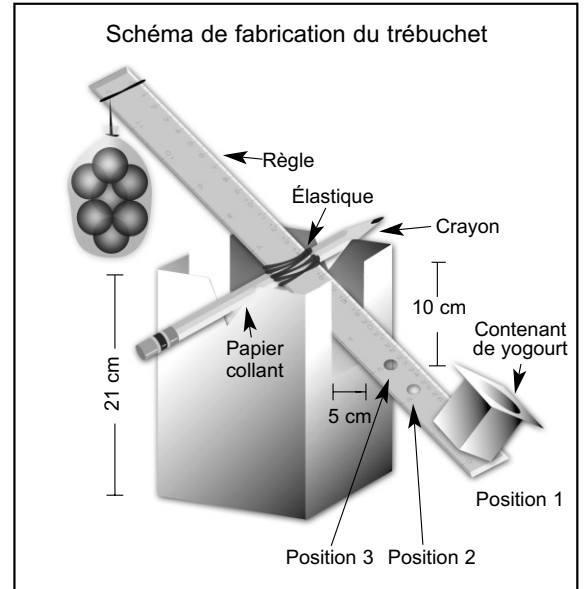
- Avant de commencer l'activité, élaborer le plan de fabrication avec vos élèves. Basez-vous sur le schéma ci-dessous. Profitez-en pour discuter du fonctionnement du trébuchet. Demandez-leur quel principe mécanique se cache derrière cet engin? Le trébuchet est un type de catapulte qui fonctionne grâce au principe du levier. Un levier se compose d'un bras rigide qui peut tourner librement autour d'un point fixe appelé pivot. La force d'un contrepoids (masse) est appliquée à l'une des extrémités du bras. Sous l'effet de cette force, l'autre extrémité monte en direction opposée.
- Divisez la classe en équipes de deux.
- Fournissez-leur le matériel de construction soit : une règle de bois, deux élastiques, un petit contenant de yogourt, un contenant de 2 litres de lait vide, plusieurs cailloux, un crayon de bois ainsi qu'un peu de ruban velcro.



## Déroulement (suite)

### Préparation du pivot

- Au départ, les élèves préparent leur contenant de lait afin que celui-ci puisse bien s'associer aux autres parties.
- Ils découpent la partie supérieure du contenant de lait. Le contenant de lait doit avoir une hauteur de 21 cm.
- Sur deux côtés opposés du contenant, ils enlèvent deux bandes de 5 cm de largeur par 10 cm de longueur à partir du haut. Ces espaces vont permettre le mouvement de levier de la règle de bois.
- Sur les côtés encore intacts, ils découpent, en bordure du contenant, des entailles triangulaires d'environ 2 cm de profondeur. Ces entailles vont permettre au crayon de s'encaver dans le contenant.
- Pour que le carton de lait reste bien en place lors de l'essai du trébuchet, les élèves doivent le remplir de plusieurs petits cailloux.



### Préparation du bras de levier, du panier à colis et du contrepoids

- Le crayon est fixé à la règle à l'aide d'un élastique. Le crayon est déposé dans les entailles du carton de lait. Il est important de coller le crayon dans ces entailles avec du papier collant pour l'empêcher de bouger.
- Le petit contenant de yogourt sert de panier pour le colis. Il est fixé grâce au ruban velcro au bout de la règle. Vous pouvez prévoir trois positions pour effectuer vos tests.
- Les élèves préparent le contrepoids en remplissant un sac d'une dizaine de gros cailloux. Le sac de cailloux doit être attaché à l'autre extrémité de la règle par une ficelle.

### L'épreuve du lancement

- Une fois tous les trébuchets construits, mettez les équipes à l'épreuve de lancer, à l'aide de leur trébuchet, un projectile sur une cible précise placée à environ 2 mètres.
- Comme projectile, utilisez un objet non dangereux, par exemple une gomme à effacer. Pour la cible, le pot de fleurs ou la corbeille à papier feront très bien l'affaire. Laissez-leur imaginer quel type de colis ils veulent faire (message de papier, nourriture...).
- Lors du lancement, les trébuchets doivent être déposés sur une surface plane, par exemple le sol ou une table. **Les élèves doivent simplement appuyer sur leur projectile et le libérer pour le projeter.** Ils ne doivent pas frapper sur la section au contrepoids.
- Pour réussir l'épreuve, les élèves doivent ajuster leur appareil à maintes reprises (ajouter des cailloux, déplacer la règle sur le pivot, changer l'objet à lancer...). Pour être équitable avec toutes les équipes, demandez aux élèves de respecter une certaine distance de lancement, par exemple de rester à 2 mètres de la cible.
- Le lancer de chaque équipe est évalué selon sa précision. Selon le temps disponible, les équipes peuvent tenter plus d'un essai.

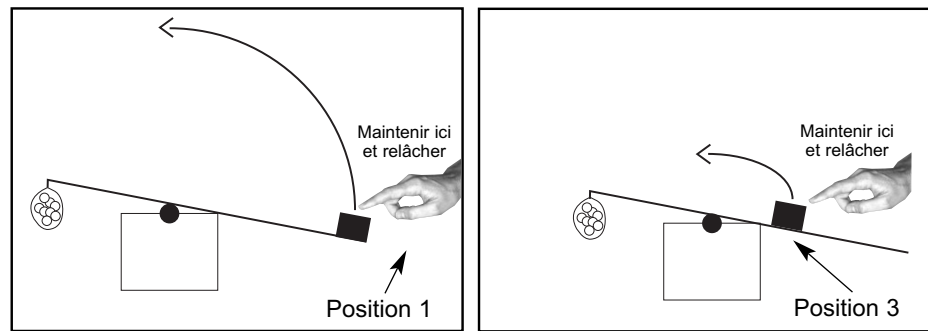


## Déroulement (suite)

### Paramètres à ajuster :

- La distance entre le panier à colis et le pivot
- La taille, la forme et la masse du projectile
- La masse du contrepoids

Schéma qui démontre les trajectoires suivies par le projectile, d'une part lorsque le contrepoids est loin du pivot et d'autre part lorsqu'il est près du pivot.



## En conclusion

En terminant, interrogez vos élèves sur les facteurs qui ont pu influencer de façon positive ou négative les lancers.

### Facteurs d'influence :

- Plus le pivot est près du contrepoids, plus la force à appliquer pour lancer le projectile ou la charge doit être grande (plus de cailloux!).
- Plus le projectile est éloigné du pivot plus sa trajectoire est grande.
- Plus le contrepoids est lourd, plus le projectile est envoyé avec force.
- Plus le projectile est arrondi et compact, plus le lancer sera réussi et précis.



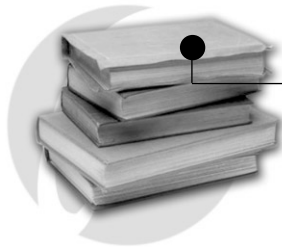
### **Pour aller plus loin**

Apportez en classe quelques livres ou images de châteaux forts du Moyen Âge. Interrogez vos élèves à ce sujet. Demandez-leur pourquoi ces constructions étaient si gigantesques et sophistiquées. Les rois de l'époque ne pouvaient pas se protéger des attaques seulement grâce à leurs armées. Les châteaux étaient une sécurité supplémentaire, non seulement pour la royauté, mais aussi pour tous les paysans du village qui venaient s'y abriter en temps de guerre. La protection du château résidait avant tout dans sa position et dans sa forme.

La catapulte était très populaire, elle permettait de lancer des pierres ou autres projectiles à plusieurs centaines de mètres pour s'en prendre à des constructions imposantes et ce, avec une certaine précision. Il y avait plusieurs modèles de catapultes. Le trébuchet était une catapulte actionnée grâce à un contrepoids. Il consistait en une poutre avec une coupole à une extrémité servant à retenir le projectile et un contrepoids à l'autre extrémité (voir la photo précédente). Quand le projectile était ramené vers le bas et soudainement relâché, le contrepoids descendait et le projectile s'envolait vers le mur ennemi.

Allez visitez une exposition muséologique sur le Moyen Âge, telle que celles qu'on peut souvent retrouver au Musée de la civilisation de Québec ((418) 643-2158). C'est jusqu'à l'été 2006 seulement, peut-être plus...

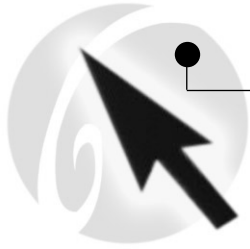
Explorez avec vos élèves un type moderne de catapulte, la **catapulte hydraulique**, utilisée pour donner l'élan nécessaire à un avion pour qu'il décolle, notamment lorsque la piste est trop courte (en particulier, sur les porte-avions et les porte-aéronefs).



## **Informations complémentaires**

### **Faits saillants sur la construction des pyramides**

- La construction des grandes pyramides égyptiennes du Caire (à Gizeh) fût achevée il y a environ 4 500 ans.
- La pyramide était destinée à accueillir le corps du pharaon à sa mort.
- Le pharaon était la figure d'autorité suprême de la civilisation égyptienne.
- Le corps du pharaon était porté jusque dans la tombe, au centre de la pyramide.
- Le corps du pharaon était embaumé sous forme de momie pour qu'il se conserve éternellement.
- Les blocs de calcaire des pyramides égyptiennes provenaient soit du site même des pyramides, soit de carrières lointaines. Ils pouvaient être transportés par bateau sur le Nil, un grand fleuve qui traverse l'est de l'Afrique.
- La plus grande pyramide est celle de Khéops, au Caire. Elle s'élève aux côtés de deux autres pyramides importantes, celles de Khephren et de Mykérinos.
- La pyramide de Khéops fait près de 140 m de haut et a des côtés larges de plus de 200 m. Elle est composée de 2 millions et demi de blocs de pierre et pèse 6,5 millions de tonnes.
- La hauteur de la pyramide de Khéops est comparable à celle d'un édifice de plus de 40 étages (encore plus haut que notre plus haut édifice à Québec, l'édifice Marie-Guyart!)
- En tout, on compte 80 pyramides en Égypte et une centaine de plus petites au Soudan.
- L'Égypte n'est pas le seul pays du monde à avoir des pyramides, on en retrouve aussi ailleurs sur le continent africain et dans les pays d'Amérique latine.



## Sites Internet

---

- **La construction des pyramides**  
[mathematiques.scola.ac-paris.fr/pedago/tpe/constpyr/construc.htm](http://mathematiques.scola.ac-paris.fr/pedago/tpe/constpyr/construc.htm)
- **La construction des pyramides**  
[perso.wanadoo.fr/construction.des.pyramides/](http://perso.wanadoo.fr/construction.des.pyramides/)
- **Encyclopédie IzyNews - Le trébuchet**  
[www.izynews.com/fr\\_e/Tr%C3%A9buchet](http://www.izynews.com/fr_e/Tr%C3%A9buchet)
- **Encyclopédie Wikipédia - Construction des pyramides**  
[fr.wikipedia.org/wiki/Pyramides\\_d'%C3%89gypte](http://fr.wikipedia.org/wiki/Pyramides_d'%C3%89gypte)
- **Encyclopédie Wikipédia - Théorie sur les méthodes de construction des pyramides**  
[fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9ories\\_sur\\_la\\_m%C3%A9thode\\_de\\_construction\\_des\\_pyramides\\_%C3%A9gyptiennes](http://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9ories_sur_la_m%C3%A9thode_de_construction_des_pyramides_%C3%A9gyptiennes)
- **Musée canadien des civilisations - Les mystères de l'Égypte**  
[www.civilization.ca/civil/egypt/egypt\\_f.html](http://www.civilization.ca/civil/egypt/egypt_f.html)