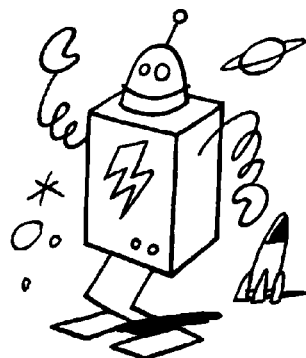


TABLE DES MATIERES

Infos pratiques pour les écoles	2
L'équilibre, qu'est-ce que c'est?	3
L'exposition <i>Un équilibre, déséquilibre</i>	4
Propositions d'activités en classe en lien avec l'expo	5
Labo Sciences	6
Bricolages	11
Gymnastique	12
Travail thématique	13
Questionnaire post-visite	14
Bibliographie	18
Equilibre, quelques citations...	19
Annexe, un peu de théorie...	20
Le centre de gravité	20
Equilibres stables et instables	21
Le principe du levier	21
Les corps flottants	22
Le gyroscope	23
L'équilibre postural	24
Quelques définitions	25

Dossier réalisé par Emmanuelle Giacometti et Françoise Pochelon.
Merci pour leur relecture attentive à Nicolas Ryser et Romain Roduit.
Illustré par Giorgio Pesce.

Ce dossier a été réalisé grâce au soutien de la Fondation H. Dudley Wright.
Espace des Inventions, décembre 2002.



INFOS PRATIQUES POUR LES ECOLES

Où?

Espace des Inventions
Vallée de la Jeunesse 1
1007 Lausanne
tél. 021 315 68 80
fax 021 315 68 82
e-mail info@espace-des-inventions.ch
www.espace-des-inventions.ch
Plan d'accès disponible sur le site web

Quand?

du 14 septembre 2002 au 4 juillet 2004
du mardi au vendredi de 8h00 à 18h00

Comment?

Pour les écoles, réservation obligatoire (au minimum une semaine à l'avance)
Visite guidée de 45 minutes à 1 heure par des animateurs formés (un animateur pour env. 10 élèves)
Pour garantir la qualité et l'intérêt de la visite, nous n'acceptons pas plus de 45 élèves simultanément. Si vous désirez venir avec un groupe plus important, n'hésitez toutefois pas à nous en parler et nous chercherons ensemble à organiser au mieux une telle visite.

Pour qui?

L'exposition n'est pas recommandée pour des enfants de moins de 7 ans.
Il n'y a en revanche pas de limite supérieure. Chaque tranche d'âge y trouvera matière à réflexion et étonnement. On peut par exemple aborder le gyroscope de manière strictement ludique avec des élèves de 7-8 ans et aller beaucoup plus loin dans la physique de ces appareils avec des élèves du gymnase.
Les animateurs s'efforcent d'adapter la visite en fonction de l'âge et de l'intérêt des élèves.

Combien?

3.-/élève (visite guidée comprise)
gratuit pour les enseignants et accompagnants.

REMARQUE IMPORTANTE

Pour assurer la pertinence et l'intérêt de la visite, il vous est fortement recommandé de la préparer en abordant en classe le thème de l'équilibre AVANT votre venue à l'Espace des Inventions.

L'EQUILIBRE, QU'EST-CE QUE C'EST?

La définition première du mot équilibre et qui sous-tend toutes ses autres utilisations est celle d'**égalité de forces entre deux ou plusieurs choses qui s'opposent**.

L'image qui symbolise le mieux cette définition de base est celle de la balance qui se stabilise lorsque les éléments placés sur l'un et l'autre de ses plateaux se valent. L'étymologie du mot confirme cette première image puisque équilibre vient du latin equus (même) et libra (balance).

Plus généralement, le mot équilibre est utilisé dans une multitude de contextes aussi différents que possible. On parle ainsi d'équilibre alimentaire, d'équilibre budgétaire, d'équilibre mental, d'équilibre politique, d'équilibre du corps, etc. Nous laisserons de côté ici ces utilisations plus abstraites du mot équilibre qui font appel aux notions d'harmonie et de pondération pour nous intéresser à ses définitions plus concrètes:

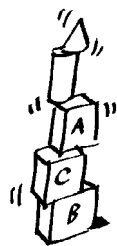
- définition courante: quelque chose ou quelqu'un est en équilibre lorsqu'il se trouve dans une position stable.

- définition scientifique: un objet est à l'équilibre lorsque plusieurs forces agissent simultanément sur lui et que ces forces ne modifient pas son état de repos (ou de mouvement).

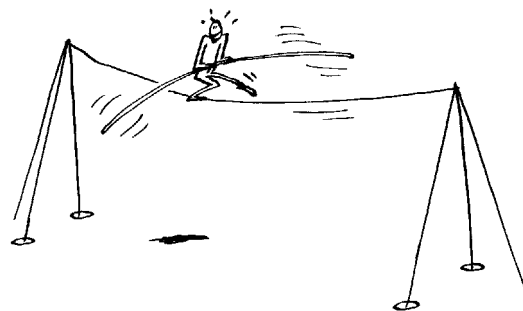
Ainsi abordée, l'équilibre est une notion à la fois intuitive et complexe. Intuitive par le fait que chacun d'entre nous a expérimenté depuis la petite enfance l'équilibre et le déséquilibre avec son propre corps et lors de jeux. Complexe lorsqu'on cherche à comprendre pourquoi un objet tient en équilibre et un autre pas, lorsqu'on cherche à dépasser le questionnement initial tombera, tombera pas?



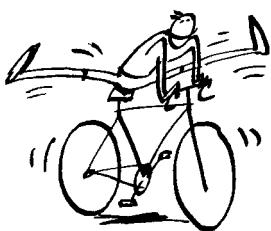
Une cuillère en équilibre sur le rebord d'une tasse



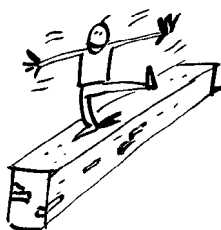
Une tour de blocs... Plus la tour s'élève moins elle est en équilibre



Un funambule



Un vélo



Un enfant marchant sur un muret

L'EXPO UN EQUILIBRE, DESEQUILIBRE

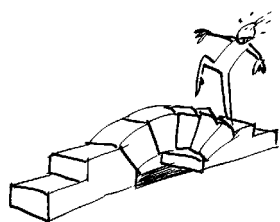
Lieu d'éveil à la science et à la technique, l'Espace des Inventions a pour objectif de susciter l'intérêt et la curiosité du public, et du jeune public en particulier, pour les questions scientifiques et techniques.

Cette exposition utilise l'équilibre, sa connotation ludique, son côté familier pour encourager la participation, l'étonnement et le raisonnement chez les visiteurs.

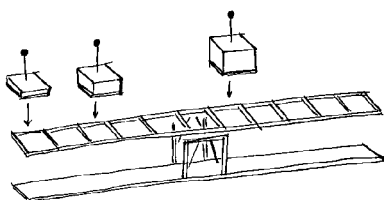
Essentiellement interactive, l'exposition met à contribution mains, pieds, oreilles, muscles et matière grise. Elle est composée d'une trentaine d'expériences et s'organise en trois parties:

VERT pour JEUX D'EQUILIBRE

Des défis, des énigmes, des constructions, des expériences à réaliser pour dompter des équilibres inédits, pour assimiler quelques principes de base de l'équilibre et dépasser certains préjugés.



le pont



la balance



les formes 2D

BLEU pour L'EQUILIBRE ET MOI

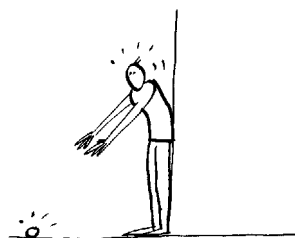
L'être humain tient debout sur deux pieds. La plupart du temps, il le fait sans y prêter garde et ce n'est pourtant pas une mince affaire. Cette partie de l'expo propose aux visiteurs de se mettre en scène le temps de quelques expériences. On prend ainsi conscience de la complexité des mécanismes qui nous permettent de tenir debout.



mon CdG



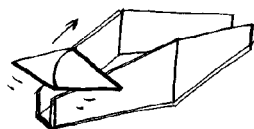
la marche des géants



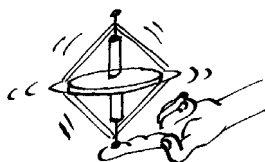
exercices d'équilibre

ROUGE pour EQUILIBRE ET MOUVEMENT

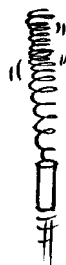
On lie souvent immobilité et équilibre. Or il se trouve que l'équilibre est un état qui ne se satisfait pas toujours de l'immobilité. Le mouvement joue parfois un rôle prépondérant dans l'obtention de certains équilibres. Diverses expériences montrent ce lien souvent étroit entre équilibre et mouvement.



descendre en haut



mystères du gyroscope



ressorts agités

PROPOSITIONS D'ACTIVITES EN CLASSE

Ces activités peuvent être réalisées en classe avant la visite de l'exposition pour entamer une réflexion autour de l'équilibre ou après en utilisant les éléments acquis lors de cette visite et servir ainsi de prolongement à celle-ci. Il est toutefois fortement recommandé de susciter la réflexion des élèves sur leur vision de l'équilibre AVANT la visite.

Un questionnaire est également proposé pour poursuivre la visite et consolider les notions abordées au cours de celle-ci. Ce questionnaire s'adresse aux élèves à partir du degré 7. Pour les classes primaires, un questionnaire-jeu est distribué sur place à la fin de la visite guidée.

Les activités proposées sont classées en 5 catégories:

LABO SCIENCES des expériences simples à réaliser en classe

BRICOLAGES amusants, originaux et en rapport avec l'équilibre

GYMNASTIQUE des exercices pour découvrir son propre équilibre

TRAVAIL THEMATIQUE des propositions de thèmes à travailler en classe

QUESTIONNAIRE post-visite

Certaines descriptions d'activités font référence à des notions théoriques présentées dans l'annexe, dans ce cas le mot est en gras.

LABOS SCIENCES

Qu'est-ce qui tient en équilibre, qu'est-ce qui tombe?

Matériel: divers objets tels que livre, crayon, feuille, ciseaux,...

Tester l'équilibre de chaque objet dans plusieurs positions: livre couché, livre debout, crayon couché, crayon debout, feuille debout, feuille roulée en cylindre debout, ... Laisser les élèves trouver de nouveaux objets à tester.

Proposer aux élèves de classer les objets en fonction de leur équilibre. On devrait ainsi arriver à un tableau à trois colonnes: ce qui tient (équilibre stable), ce qui tient mais pas très bien (équilibre instable), ce qui ne tient pas (déséquilibre).

Trouver une ou plusieurs caractéristiques communes aux objets qui tiennent et aux objets qui ne tiennent pas (forme, position).

Selon l'âge des élèves, expliquer la notion de **centre de gravité** et faire le lien avec le résultat obtenu. Mener les élèves à observer que plus le centre de gravité est bas, plus l'objet est stable.

Où est le centre de gravité?

Matériel: divers objets tels que règle, crayon, couteau, marteau, ciseaux, fer à cheval, CD, ...

Les élèves doivent essayer de deviner la position du centre de gravité de chaque objet puis la déterminer expérimentalement. On peut utiliser le doigt ou une ficelle.



Discuter les résultats obtenus et mener une réflexion pour atteindre les conclusions suivantes:

- le centre de gravité peut être EN DEHORS de l'objet (fer à cheval).
- le centre de gravité est lié à LA SYMETRIE de l'objet.
- si un objet est fait de matériaux différents (marteau: bois, métal), il est moins facile de deviner où est le centre de gravité.

Centre de gravité

Matériel : formes en carton percées de plusieurs trous (fait à la perforatrice), crayon fixé debout

Si on enfle le crayon dans le bon trou (c'est-à-dire là où est situé le centre de gravité, désormais abrégé CdG), la forme reste en équilibre sur le crayon, sinon elle penche d'un côté ou d'un autre.

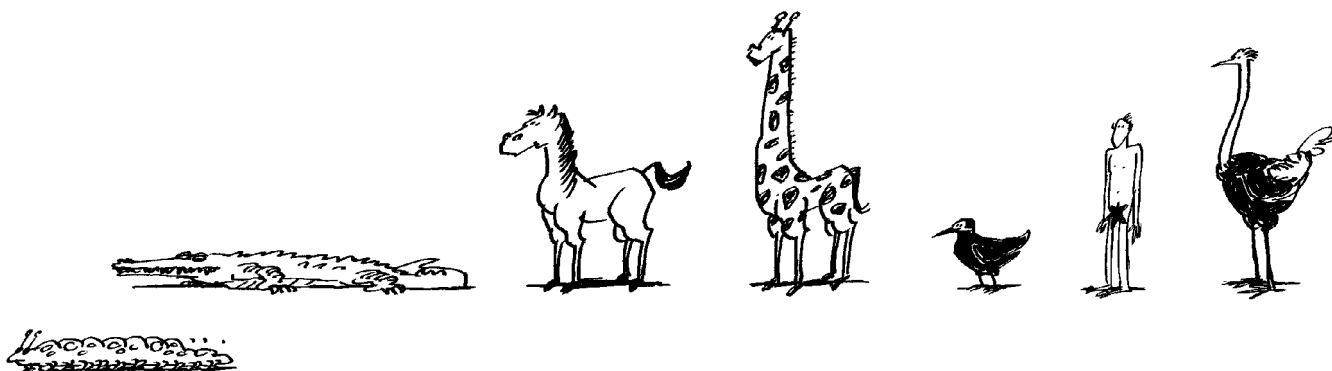
Pour chaque forme, demander aux élèves de deviner quel est le bon trou et tester ensuite.

Discuter les résultats obtenus et commenter les erreurs.

Quel animal est le plus stable?

Proposer la liste d'animaux ci-dessous. Demander aux élèves de chercher une illustration de chacun et de les classer ensuite en fonction de leur stabilité (nombre de points d'appui, hauteur du CdG) sur la terre. Discuter les résultats obtenus.

Du plus stable au moins stable
(ce classement n'est pas absolu et peut être discuté...):



mille-pattes crocodile cheval girafe merle homme autruche

Le mille-pattes a beaucoup de points d'appui. De plus, son CdG est bas en regard de sa hauteur totale.

Le crocodile a un CdG très bas et 4 larges points d'appuis.

Le cheval a également 4 points d'appui mais son CdG est haut.

La girafe a un CdG très haut en regard de sa hauteur totale.

Le merle a seulement deux points d'appuis mais son CdG est plutôt bas

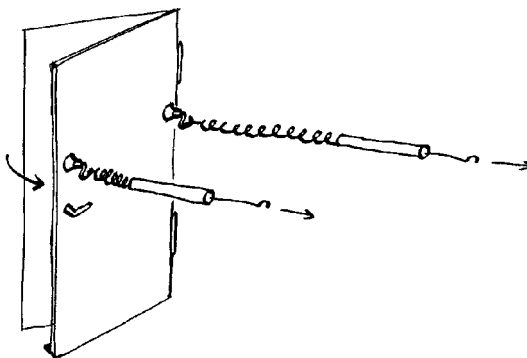
L'homme a deux points d'appui et son CdG est plutôt haut.

L'autruche a deux points d'appui et un CdG très haut.

Moment d'une force - force à appliquer à une porte

Matériel: ventouse, dynamomètre, règle

Etudier la meilleure façon d'ouvrir une porte. Coller la ventouse en différents endroits de la porte et tirer sur ce crochet par l'intermédiaire du dynamomètre jusqu'à ce que la porte se mette en mouvement.



- 1) Où faut-il placer la ventouse pour que la porte soit le plus facile à ouvrir?
- 2) Dans quelle direction faut-il tirer pour que la porte soit le plus facile à ouvrir?

Construire et utiliser une balance

Matériel pour chaque élève: une règle de 30 cm graduée, une gomme, cinq objets identiques (dés, pièces de monnaies, jetons, ...) ou utiliser le matériel de la brochure Explor (levier).

Chaque élève construit sa balance en posant la règle sur la gomme de façon que la règle tienne en équilibre.

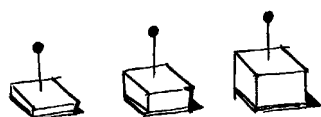
Demander aux élèves de garder cet équilibre en utilisant 2, 3, 4 et 5 objets.

Demander aux élèves d'expliquer ce qu'ils ont obtenu et de tirer des conclusions de leurs observations.

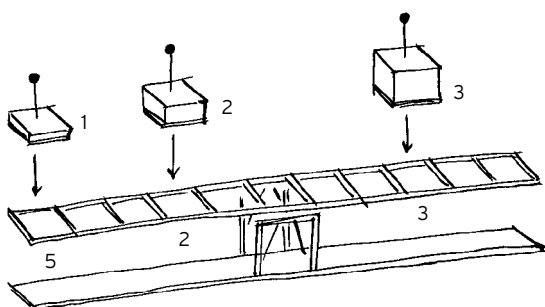
Il est plus difficile de trouver des équilibres avec un nombre impair d'objets, pourquoi?

Etablir le lien entre la distance des objets à l'axe et le poids des objets.

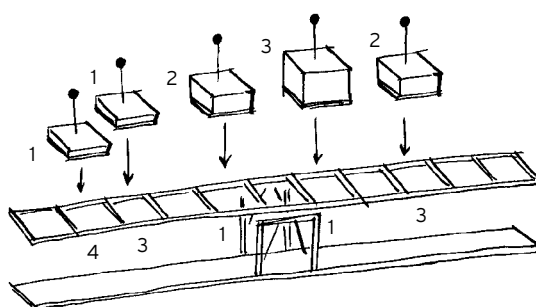
Parler du **principe du levier** et montrer quelques exemples.



A: 1 x 1 x 1 x
 B: 2 x 2 x 2 x



$$A: 1 \times 5 + 2 \times 2 = 3 \times 3$$



$$B: 1 \times 4 + 1 \times 3 + 2 \times 1 = 3 \times 1 + 2 \times 3$$

Mesure de la masse d'un objet

Matériel: identique que pour construire une balance, un objet dont on veut connaître la masse, un objet dont on connaît la masse (barre de chocolat par exemple)

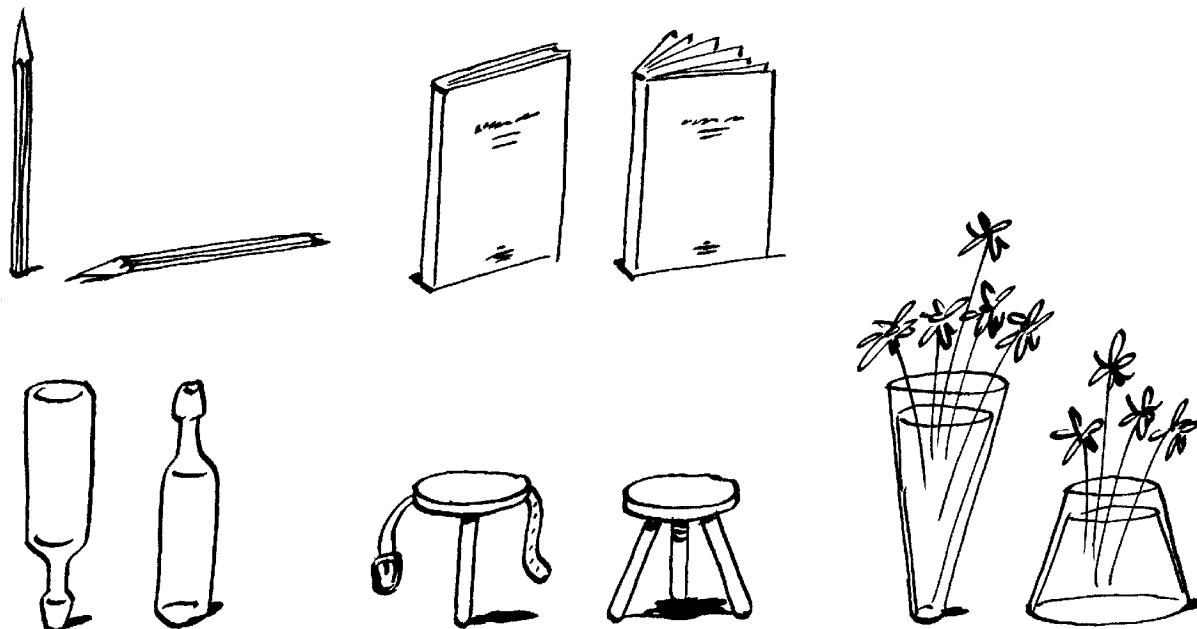
Utilisant la balance construite précédemment, équilibrer la balance en utilisant l'objet dont la masse est à déterminer et l'objet de masse connue.

Quelle est la masse de l'objet ?

(Il faut mesurer la distance entre le point d'appui et chacun des objets. Sachant que $m_1 \times d_1 = m_2 \times d_2$, on retrouve m_2 par une règle de 3)

Equilibres stables et instables

Demander aux élèves de choisir pour chaque couple d'objets identiques lequel est en position la plus stable et de justifier leurs réponses.



Objets qui coulent ou qui flottent

Matériel: baquet rempli d'eau, différents objets tels que morceau de bois, pâte à modeler, trombone, morceau de plastique, dé à coudre,...

Un objet qui flotte n'est rien d'autre qu'un objet en équilibre à la surface de l'eau. Demander aux élèves de deviner quels objets coulent et lesquels flottent. Vérifier ensuite expérimentalement. Observer que certains coulent ou flottent selon comment on les pose sur la surface de l'eau (le dé à coudre par exemple).

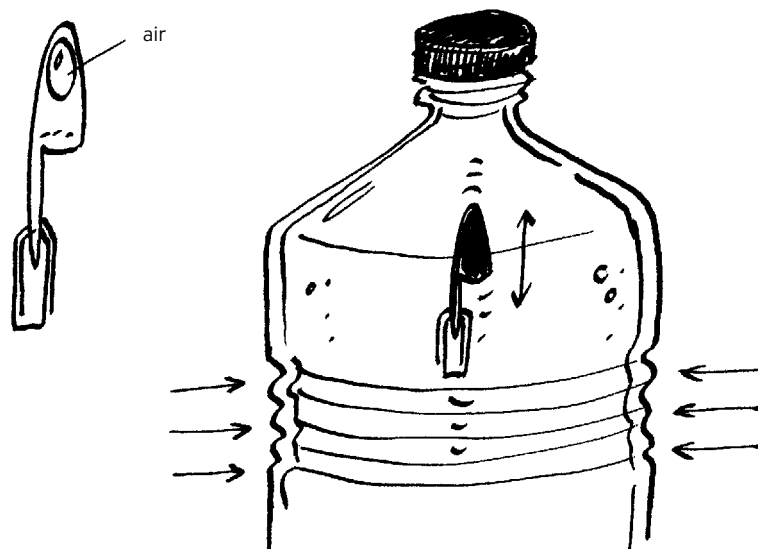
Commenter les erreurs.

Mettre les élèves au défi de faire flotter de la pâte à modeler.

Construire un sous-marin (le ludion)

Matériel: bouteille en PET avec bouchon pleine d'eau, capuchon de stylo, trombone.

Lester le capuchon avec le trombone (voir dessin). Placer le capuchon dans l'eau de façon qu'il flotte. Rajouter de l'eau dans la bouteille jusqu'au bord et la refermer.



Observer ensuite le comportement du ludion lorsque l'on appuie plus ou moins fort sur la bouteille.

qw Tenter d'expliquer le phénomène.

Explication: une bulle d'air est emprisonnée dans le capuchon. Lorsque l'on presse sur la bouteille, l'eau ne pouvant pas se comprimer, c'est la bulle d'air qui se comprime. Par conséquent le volume occupé par la bulle d'air diminue et la **poussée d'Archimède** diminue. Le ludion descend. Lorsqu'on diminue la pression sur la bouteille, la bulle d'air se agrandit et le ludion monte.

On peut ensuite demander aux élèves de chercher de la documentation sur le sous-marin qui fonctionne sur un principe similaire et d'expliquer comment il fonctionne.

Construire un pont

Ce défi est plutôt un travail de groupe: les élèves reçoivent pour mission de construire un pont entre deux chaises écartées d'une distance déterminée (par exemple 50 cm). Les matériaux peuvent être divers (carton, bois, fil de fer, ...). Le pont doit être le plus solide possible.

Voir le site très complet (et en français malgré les apparences):

<http://schools.sd68.bc.ca/PAUL/Webquest/webquestpont.htm>

BRICOLAGES

Construire un culbuto

Matériel pour chaque élève: un bouchon de bouteille en PET, une petite boule de pâte à modeler, du papier cartonné

Découper un bonhomme de la taille d'une main dans le papier cartonné. Le décorer.
Coller le bouchon sur le pied du bonhomme.
Ecraser la boule de pâte à modeler en bas du bouchon.
Le bonhomme tient debout!

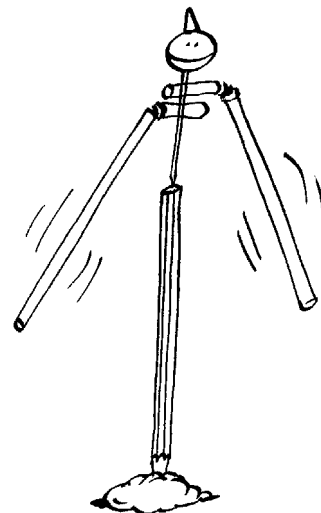
La pâte à modeler permet d'abaisser le CdG en dessous du centre du bouchon en PET et de rendre le bricolage très stable. On peut le pencher, il se redressera tout seul. Si cela ne marche pas, il se peut que le bonhomme en carton soit trop lourd, ajouter alors un peu de pâte à modeler.



Construire un mobile

Matériel pour chaque élève: deux pailles pliables, un cure-dent, un crayon, une petite boule de pâte à modeler, du papier cartonné

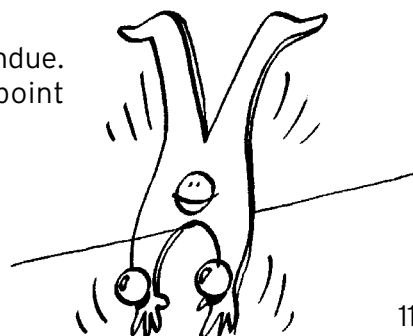
Planter le crayon dans la pâte à modeler de façon à ce qu'il tienne debout.
Avec le cure-dents, transpercer les deux pailles du côté proche du coude.
Dessiner et découper une petite tête et la coller en haut du cure-dents.
Plier les pailles vers le bas et poser le tout sur le crayon.
Ajuster la position pour que le mobile tienne en équilibre.
Son CdG est situé en-dessous du point d'appui (= la pointe inférieure du cure-dents), le mobile tient donc en équilibre!



Construire un funambule

Matériel pour chaque élève: carton, deux poids (billes, gommages, pâte à modeler)

Découper un bonhomme bras écartés dans le carton. Coller les poids sur chacune des mains.
Accrocher ensuite le funambule sur une cordelette tendue.
Il ne peut pas tomber car son CdG est situé sous le point d'appui (= sous la corde).



GYMNASTIQUE

L'objectif est ici de mieux maîtriser et de mieux comprendre son propre équilibre grâce à divers petits exercices simples:

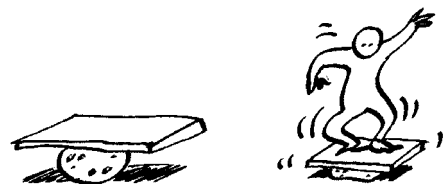
Exercices sur une poutrelle

Tester ces différents exercices, demander aux élèves de commenter le degré de difficulté de chacun et essayer ensuite de comprendre ces différences.

- 1) marcher sur une poutrelle "normalement"
- 2) marcher sur une poutrelle les bras collés au corps (plus difficile car en écartant les bras, on peut mieux ajuster la position de son CdG)
- 3) marcher sur une poutrelle en fermant les yeux (plus difficile car les yeux donnent des informations très importantes pour le maintien de l'équilibre)
- 4) marcher sur une poutrelle en marche arrière (difficile car notre physiologie n'est pas vraiment adaptée à la marche arrière)

Garder l'équilibre

Tenir en équilibre sur une planche de bois (dimensions: env. 25 x 25 cm) posée sur une grosse balle en mousse. Essayer de faire en sorte qu'aucun des bords de la planche ne touche le sol. Faire de même les yeux fermés. Observer le travail incessant des orteils.



Les pièges du centre de gravité

Se mettre debout, l'épaule gauche collée contre un mur. Coller le pied gauche contre le mur et essayer de rester debout en soulevant le pied droit!



Essayer ensuite de placer le pied gauche à la plus petite distance du mur pour pouvoir rester en équilibre sur ce pied. Comment agit-on pour pouvoir rester debout en ayant le pied le plus proche du mur?

Se mettre debout sur un pied, se pencher en avant pour aller toucher le sol. Faire ensuite de même en collant la jambe en l'air contre l'autre. Plus difficile, non? Pourquoi?

TRAVAIL THEMATIQUE

Le cirque et l'équilibre

Demander aux élèves de faire un travail de recherche sur le thème de l'équilibre au cirque. Citer divers numéros d'équilibrisme, chercher des illustrations, expliquer en quoi le numéro est difficile, imaginer de nouveaux numéros d'équilibrisme.

Jeux d'équilibre

Demander aux élèves de trouver des jeux qui font appel à l'équilibre (Mikado, Uno stacko, Jeu de plots, Villa Paletti,...). Trouver des illustrations, décrire les jeux et expliquer le lien avec l'équilibre et où se situe la difficulté du jeu.

L'équilibre postural

Demander aux élèves de faire un travail de recherche sur l'équilibre postural, soit la faculté d'un animal à tenir en équilibre. Quels sont les organes qui entrent en jeu dans l'équilibration de l'être humain, quels sont leurs rôles et leur importance. Comment l'équilibration se fait-elle chez les autres animaux?

L'équilibre, dans quels contextes en parle-t-on?

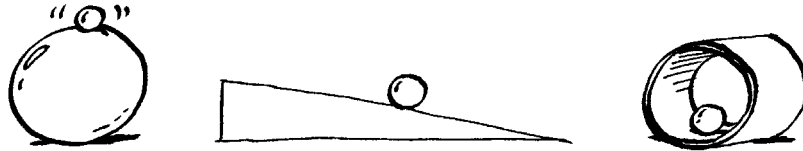
Demander aux élèves de faire un travail de recherche sur les différents contextes dans lesquels on utilise le mot équilibre en illustrant.

Etudier le lien entre la définition scientifique de l'équilibre et son sens dans des contextes différents.

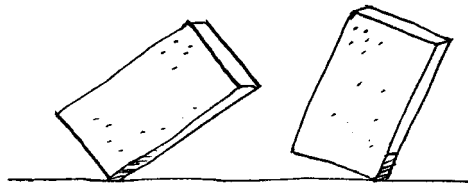
QUESTIONNAIRE POST-VISITE

Conseillé pour des élèves de degrés 7, 8, 9 ou de début du gymnase)
Choisir quelques-unes des questions ci-dessous.

1. Décrire " la qualité " des équilibres de la petite boule:



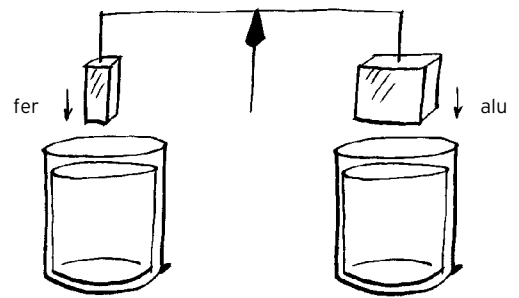
2. Depuis la position assise, pourquoi est-il plus facile de se lever en étendant les bras devant soi plutôt qu'en les plaçant derrière la tête ?
3. Comment pourrait-on fabriquer des dés pipés?
4. Une remorque est chargée de plusieurs tonnes de plumes. Une autre est chargée du même poids de briques. Un vent violent souffle, laquelle des deux remorques a le plus de risques de se renverser? Pourquoi ?
5. Que va-t-il arriver à ces briques si on les lâche ? Pourquoi ?



6. Paul est 1,5 fois plus lourd que Marie, ils jouent sur une balançoire longue de 5m. Chacun d'entre eux est assis à une extrémité de la balançoire. Celle-ci est en équilibre. Où se trouve l'axe de rotation de la balançoire? Dessiner.
7. Pourquoi une bouée permet-elle de flotter?
8. On met un glaçon dans un verre et on le remplit d'eau jusqu'au bord. Le glaçon fond; l'eau déborde-t-elle?
A la place de l'eau, on met du sirop, que se passe-t-il?
Et avec une boisson alcoolisée?
9. Pourquoi dit-on que si l'atmosphère se réchauffe, les glaces des pôles en fondant feront monter le niveau des océans?

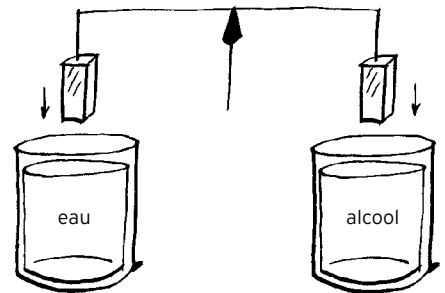
10. Lorsqu'on immerge le fer et l'aluminium dans l'eau :

- a) la balance reste équilibrée
 - b) descend du côté de l'alu
 - c) descend du côté du fer
- Justifier la réponse



11. Les deux objets sont identiques. Lorsqu'on les plonge, l'un dans l'alcool, l'autre dans l'eau:

- a) la balance reste équilibrée
 - d) descend du côté de l'eau
 - e) descend du côté de l'alcool
- Justifier la réponse



12. Un navire est fabriqué avec des matériaux très denses comme par exemple de l'acier. Pourquoi arrive-t-il à flotter ?

13. Comment mesure-t-on la masse d'un navire?

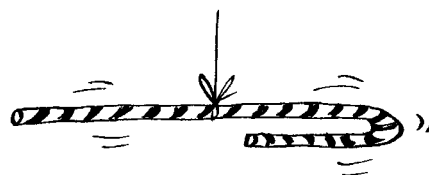
14. Expliquer le fonctionnement d'un sous-marin ?

15. Cette règle de 1 mètre est en équilibre. Une pierre de 1 kilo est suspendue à son extrémité. Quelle est la masse de la règle?



16. Avec 7 pinces à linges fixées les unes aux autres, essaye de faire tenir un crayon en équilibre sur le bord d'une table.

17. Max et Marie reçoivent un énorme sucre d'orge en forme de canne. Pour le partager équitablement, Marie propose de le suspendre à un fil afin qu'il soit en équilibre et de couper le sucre au niveau du point d'attache. Marie prend le bout recourbé et Max l'autre morceau. Lequel s'est fait avoir? Pourquoi?

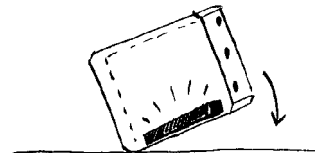


18. Lors de l'exposition, tu as vu plusieurs expériences. L'une d'entre elles t'a particulièrement intéressée. Dessine-la et explique-la.

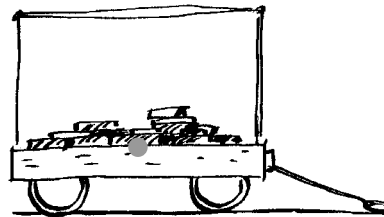
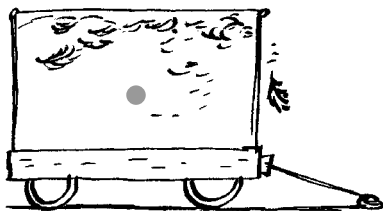
REPONSES AU QUESTIONNAIRE

1. a) équilibre instable b) déséquilibre c) équilibre stable
2. En étendant ses bras devant soi, on déplace son CdG vers l'avant et la verticale du CdG passe alors par la surface d'appui, ce qui facilite le mouvement recherché. Au contraire, en plaçant les bras derrière la tête, on amène son CdG vers l'arrière ce qui rend le mouvement demandé plus difficile.

3. Il faudrait faire en sorte de déplacer le CdG du dé qui est normalement situé au centre du cube. On favoriserait ainsi les chiffres situés plus proches du CdG.
Pour fabriquer un tel dé, on pourrait le scier en deux, enlever un peu de matière à l'intérieur (du côté choisi) et la remplacer par une matière plus dense.



4. Le CdG de la remorque chargée de plumes est plus élevé que celui de la remorque chargée de briques (les briques étant plus denses, le volume est moins important pour le même poids).
Ainsi la remorque chargée de plumes a plus de risques de se renverser.



5. La brique a va tomber à droite car la projection verticale de son CdG est située à droite du point d'appui de la brique. La brique b va tomber à gauche.
6. L'axe de rotation de la balance est situé à 2 mètres de Paul et donc à 3 mètres de Marie.
 $m = \text{masse de Marie}$
 $(1,5xm) \times 2 = mx3$
7. Une bouée est remplie d'air qui est moins dense que l'eau. Une bouée permet d'augmenter le volume d'eau déplacé (donc d'augmenter la poussée d'Archimède) presque sans augmenter la masse du nageur.
8. Non, le verre restera rempli à ras bord. Le volume d'eau déplacé par le glaçon multiplié par la densité de l'eau est égal à la masse du glaçon et donc très logiquement à la masse d'eau qu'il aura quand il aura fondu. Il remplira donc exactement le volume d'eau qu'il déplace (en fondant 1 kg de glace devient 1 kg d'eau).

Dans le sirop, la situation est un peu différente car il y a une différence de densité entre l'eau du glaçon qui a fondu et le sirop (le sirop est plus dense). Ainsi, le volume de sirop déplacé est inférieur au volume d'eau déplacé précédemment et le verre va déborder. Dans une boisson alcoolisée, le problème est inverse. L'alcool est moins dense que l'eau et le niveau va légèrement baisser lorsque le glaçon aura fondu.

9. Le continent Arctique est constitué de glace qui flotte; en fondant la glace ne ferait pas varier le niveau des océans (voir question 8). Par contre, le continent Antarctique est un continent solide recouvert de glace qui en fondant ferait monter le niveau des océans.
10. Le bloc de fer et celui d'alu ont la même masse. Comme l'alu est moins dense que le fer, le volume du bloc d'alu est ainsi plus grand que celui du bloc de fer. En plongeant les deux blocs dans l'eau, le bloc d'alu va déplacer un plus grand volume d'eau et la poussée d'Archimède sur le bloc d'alu sera plus importante que sur le bloc de fer. La balance va donc pencher du côté du fer qui paraît ainsi plus lourd.
11. Les deux objets sont identiques cette fois. Toutefois la densité de l'eau est plus grande que celle de l'alcool. Si les volumes déplacés sont les mêmes de chaque côté, la masse déplacée est plus importante du côté de l'eau. Ainsi la force d'Archimède est plus importante du côté de l'eau et la balance va pencher du côté de l'alcool.
12. Car la majeure partie du volume du navire qui est situé sous le niveau de l'eau est constituée d'air moins dense que l'eau. La densité moyenne de ce qui est sous le niveau de l'eau (fer + air) est inférieure à la densité de l'eau.
13. On mesure le volume d'eau déplacé, c'est-à-dire le volume de la partie immergée du navire. La masse du navire est obtenue en multipliant ce volume par la masse volumique de l'eau. Attention, la densité de l'eau douce et de l'eau salée diffère. Il ne faudra pas oublier d'en tenir compte lors des calculs!
14. Voir dans l'annexe.
15. La masse de la règle est de 1 kg.
Si on considère la règle en 4 morceaux identiques de masse m et de longueur d . On sait que $4d = 1$ mètre. Un morceau d est à gauche, un autre $3d$ est à droite. On obtient l'équation suivante:
poids suspendu \times dist. à l'axe + poids de partie gauche de la règle \times distance de son CdG à l'axe = poids de partie droite de la règle \times distance de son CdG à l'axe
- $$1\text{kg} \times d + m \times 1/2d = 3m \times 1,5 d$$
- En résolvant ce système de 2 équations, on obtient bien $m = 1$ kg
16. Le CdG du système doit être plus bas que le point d'appui. L'objet est ainsi très stable.
17. Max se fait avoir. La proposition serait équitable si la friandise était droite comme une règle. La partie recourbée de la canne pèse plus dans la balance car elle est plus proche de la ficelle. Ce sont les moments des poids de part et d'autre de l'axe et non les poids eux-mêmes qui doivent être égaux pour qu'il y ait équilibre.
On peut s'en convaincre en faisant l'expérience avec un fil de fer. On le tord d'abord en forme de canne. On détermine son CdG et on le marque. Puis on déplie le fil et on constate que les deux longueurs ne sont pas équivalentes.

BIBLIOGRAPHIE

LIVRES

(en vente à la boutique de l'Espace des Inventions. Possibilité de commander par téléphone ou par e-mail, frais de port en sus).

Méga Expériences, *Editions Nathan*, 1995

ISBN 2.09 277121-3, Fr. 40,00

Pour les 9-13 ans, un livre fourmillant d'expériences simples à réaliser.

Bien présenté, plein de bonnes idées.

En lien avec l'expo: *Des équilibres, déséquilibres et Des mouvements coordonnés*

Les leviers, *Je découvre les sciences*, *Gamma Ecole Active*, 1998

ISBN 2-89069-579-4, Fr. 16.00

Pour les 7-10 ans. Sympa, clair, bien illustré. La collection Gamma Ecole Active a le mérite de présenter des thèmes originaux d'une manière simple et didactique.

Force et Mouvement, *Passion des sciences*, *Gallimard*, 1993

ISBN 2-07-056856-3, Fr. 26.90

Pour les 10-14 ans, les leviers, la gravité, la force d'Archimède, la précession, tout y est. Bien illustré, nombreuses références historiques. Passion des sciences est une belle collection.

Dictionnaire jeunesse de la science, *Ed. du Seuil*, 1994

ISBN 2-02-019002-8, Fr. 29,10

Dictionnaire thématique qui rassemble une foule d'informations scientifiques et techniques. A partir de 10 ans.

WEB

<http://www.lesdebrouillards.qc.ca/experiences/>

Présentation simple et conviviale. Des expériences variées, sur tous les domaines, faciles à réaliser avec du matériel tout simple.

En lien avec l'expo: *tombera, tombera pas?*

<http://www.inrp.fr/lamap/>

Le site de *La main à la pâte* en France. L'opération *La main à la pâte* a été lancée en 1996, sur l'initiative du professeur Georges Charpak, prix Nobel de physique 1992, et de l'Académie des sciences. Elle vise à promouvoir au sein de l'école primaire une démarche d'investigation scientifique.

Le site contient une foule d'informations, la présentation est néanmoins assez lourde.

En lien avec l'expo:

http://www.inrp.fr/lamap/activites/leviers_balances/accueil.html

<http://www.exploratorium.edu/snacks/>

Une foule de petites expériences, appelées snacks, à réaliser simplement. Site de l'Exploratorium de San Francisco, en anglais bien sûr.

En lien avec l'expo: *Balancing ball, Balancing stick, Bernoulli levitator, Bicycle wheel gyro, Center of gravity, Take it from the top.*

EQUILIBRE, QUELQUES CITATIONS...

Le rassurant de l'équilibre, c'est que rien ne bouge. Le vrai de l'équilibre, c'est qu'il suffit d'un souffle pour tout faire bouger.

Julien Gracq

Il est aussi noble de tendre à l'équilibre qu'à la perfection; car c'est une perfection que de garder l'équilibre.

Jean Grenier

Equilibre est synonyme d'activité.

Jean Piaget

La tendance la plus profonde de toute activité humaine est la marche vers l'équilibre.

Jean Piaget

La vie, c'est comme une bicyclette, il faut avancer pour ne pas perdre l'équilibre.

Albert Einstein

L'équilibre... C'est ce qui distingue un peuple d'une foule.

Frank Herbert

Certains retrouvent leur équilibre quand la balance penche en leur faveur.

Stanislaw Jerzy Lec

A chaque sommet on est toujours au bord d'un précipice.

Stanislaw Jerzy Lec

L'équilibre est à mi-chemin entre les deux extrêmes.

Bernard Werber

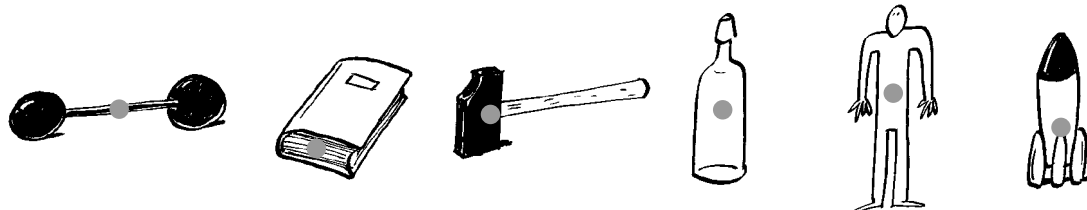
ANNEXE, UN PEU DE THEORIE

LE CENTRE DE GRAVITÉ (OU CENTRE DE MASSE)

Qu'est-ce que c'est?

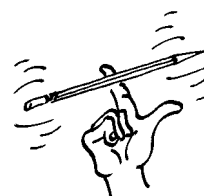
Le centre de gravité d'un objet est le point autour duquel la masse est répartie symétriquement. Ce point est aussi appelé centre de masse.

Si on connaît la position du centre de gravité d'un objet, on peut prédire les états d'équilibre de celui-ci.

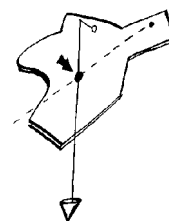


Comment le détermine-t-on?

Pour déterminer le centre de gravité d'un crayon, il suffit de le poser sur le bout d'un doigt et de trouver la position pour laquelle il est en équilibre. Le centre de gravité est le point d'application du crayon sur le doigt.

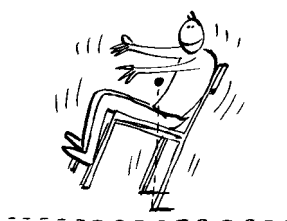


Pour déterminer le centre de gravité d'une forme en carton, on la suspend par un point et on trace la verticale. On la suspend ensuite par un autre point et on trace à nouveau la verticale. L'intersection des deux traits se situe au centre de gravité.

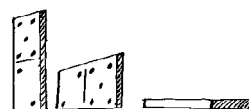


Trucs et astuces...

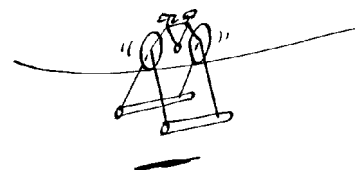
Un objet est en équilibre tant que la ligne verticale qui passe par son centre de gravité est comprise à l'intérieur de sa surface d'appui.



La stabilité d'un objet dépend, entre autres, de la position de son centre de gravité: plus celui-ci est bas, plus l'objet est stable.

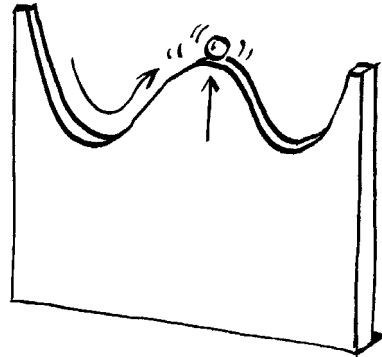


Lorsqu'un objet a son centre de gravité plus bas que son point d'appui, il est en position d'équilibre très stable.



EQUILIBRES STABLES ET INSTABLES

Intuitivement, on considère qu'une position d'équilibre est stable par définition. Or les positions d'équilibre peuvent être plus ou moins stables. Une des expériences de l'exposition illustre très concrètement cette idée:



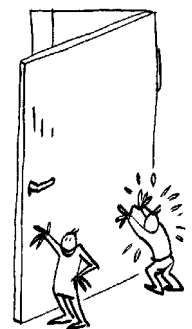
Le long de ces montagnes russes, il existe 3 positions d'équilibre (des positions dans lesquelles la balle peut s'arrêter) pour une balle qui s'y promène : dans les deux creux et au sommet. Au fond des creux, la balle est en position d'équilibre stable: si on donne une petite chiquenaude à une balle arrêtée, elle va osciller de plus en plus doucement pour finalement retourner s'arrêter au fond du creux. Au sommet de la montagne en revanche, la balle est en position d'équilibre instable: la moindre petite chiquenaude va la faire tomber d'un côté ou de l'autre.

Ainsi, une position d'équilibre est plus ou moins stable selon la configuration. Par exemple, un crayon couché sur une table est position d'équilibre stable alors que posé debout, il est clairement en équilibre instable.

LE PRINCIPE DU LEVIER

Lorsqu'on applique une force à un objet qui peut tourner autour d'un axe (une porte, un "tape-cul"), l'effet produit dépend de l'endroit où cette force est appliquée. Par exemple, il est beaucoup plus aisé de pousser une porte en appuyant du côté de la poignée que du côté des gonds.

Plus la force est appliquée loin de l'axe de rotation (les gonds dans le cas de la porte), plus son effet est important. Le produit de la force par sa distance à l'axe est appelé **le moment de la force** par rapport à l'axe.



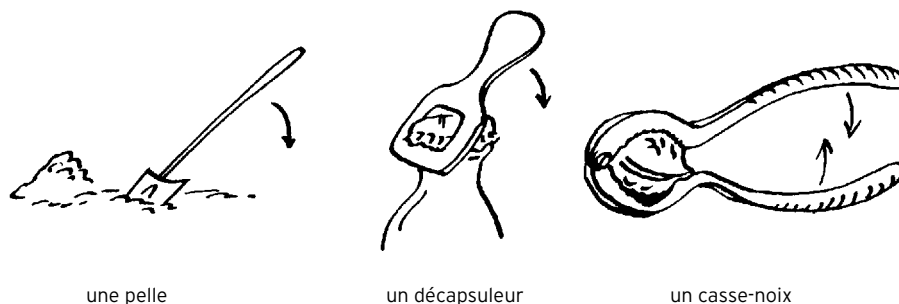
Si l'on pose une règle en équilibre sur un crayon et que l'on place ensuite une gomme à un bout de la règle, celle-ci n'est plus en équilibre.



Pour rétablir l'équilibre, il faut poser un autre objet de l'autre côté de la règle. Si on choisit un objet plus lourd que la gomme (un rouleau de scotch par exemple), il sera néanmoins possible de rétablir l'équilibre. Pour ce faire, on jouera sur la position de cet objet. En le mettant proche de l'axe, son effet sera moins important.



Ainsi, en appliquant une force identique loin de l'axe de rotation de l'objet, on peut obtenir un effet beaucoup plus grand qu'en l'appliquant tout près. C'est le principe du levier qui s'utilise très souvent dans la vie quotidienne:



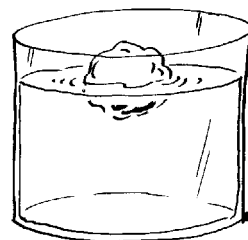
une pelle

un décapsuleur

un casse-noix

LES CORPS FLOTTANTS

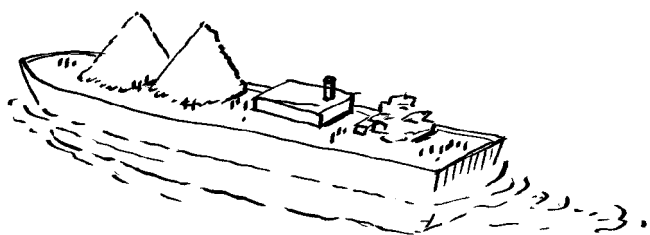
Le principe d'Archimède dit la chose suivante: plongé dans un liquide, un objet reçoit une poussée verticale vers le haut (la poussée d'Archimède); cette force est égale au poids du liquide déplacé (volume du liquide déplacé x **masse volumique** du liquide).



Quand un objet flotte, il est en situation d'équilibre: la force d'Archimède sur l'objet est égale et opposée à la force de gravité.

Un matériau flotte toujours si sa masse volumique est inférieure à celle du liquide sur lequel il flotte.

Un objet tel qu'un bateau est construit de matériaux plus denses que l'eau, il flotte néanmoins, car il est rempli d'air.

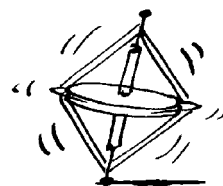


Le sous-marin joue avec la poussée d'Archimède pour modifier sa profondeur. Pour monter, il se remplit d'air (il s'allège sans changer la force d'Archimède qui agit sur lui, c'est-à-dire sans changer de volume) et pour descendre, il se remplit d'eau.



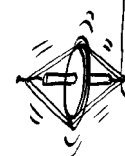
LE GYROSCOPE (et ses comportements étranges...)

Le **gyroscope** est un appareil comportant une roue en général massive qui peut tourner très rapidement autour de son axe. Son comportement est plutôt étonnant et semble souvent défier la gravité.



Si on pose un gyroscope sur sa pointe, il tient debout.

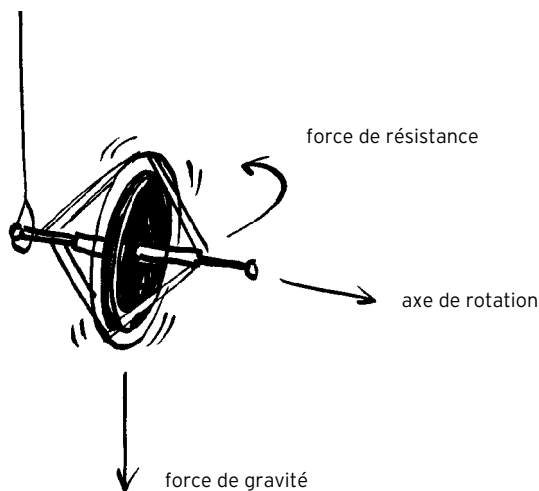
Si on accroche un gyroscope au bout d'une ficelle, il tient à l'horizontale en tournant autour de la ficelle.



Que se passe-t-il?

Lorsqu'une roue tourne et qu'on cherche à changer la direction de son axe de rotation, elle oppose une résistance. C'est pourquoi une toupie tient debout lorsqu'elle tourne.

Cette résistance s'exerce dans le plan perpendiculaire à la force et à l'axe de rotation. Ce mouvement s'appelle **la précession**. C'est ce qui explique pourquoi le gyroscope suspendu au bout d'une ficelle tourne autour de celle-ci.



On utilise des gyroscopes dans les avions pour permettre au pilote de connaître sa position par rapport à la verticale (on dit aussi qu'on donne au pilote un horizon artificiel). Le gyroscope est réglé avant le décollage et son axe de rotation reste identique durant toute la durée du vol indépendamment des mouvements de l'avion.

On utilise également des gyroscopes sur certains satellites pour changer leur orientation. Lorsqu'on veut modifier la position du satellite, on freine ou on accélère une roue gyroscopique ce qui transmet un mouvement au satellite (conservation du moment cinétique).

Les pilotes de supercross utilisent la conservation du moment cinétique pour régler la position de leur moto lors d'un saut. Si la moto penche vers l'arrière, il freine un peu (la vitesse de rotation de la roue arrière diminue ce qui transmet un mouvement opposé à la moto) et la moto se redresse; si au contraire la moto penche vers l'avant, il met un coup de gaz.

L'ÉQUILIBRE POSTURAL

Les paresseux le savent: il est moins fatigant d'être couché que debout. En effet, la position debout est un équilibre instable.

Si nous tenons en équilibre, c'est que le cerveau intègre de façon permanente des informations provenant de trois systèmes sensibles (les anges gardiens de l'équilibre) et réagit en envoyant des ordres au système musculaire.

Les trois anges gardiens de l'équilibre

La vision

Elle donne des informations sur l'orientation et les déplacements dans l'espace.

L'œil permet de fixer un point de repère essentiel: notre position par rapport aux objets qui nous entourent.

Le système proprioceptif

Il est constitué de toutes les informations en provenance de la peau, des muscles, des ligaments,...

Ces informations renseignent sur la position et les mouvements des différentes parties du corps.

Celles en provenance de la plante des pieds et de la nuque sont particulièrement importantes pour l'équilibration.

Le système vestibulaire

L'oreille interne contient l'**organe vestibulaire** qui détecte les mouvements de la tête dans l'espace et permet de déterminer notre position par rapport à la verticale. Il participe ainsi au maintien de l'orientation et de la posture. Cet organe est composé de trois tubes courbés qu'on appelle les **canaux semi-circulaires**. Ces trois canaux sont perpendiculaires les uns aux autres et remplis d'un liquide : l'endolymphe. Lorsque l'on bouge, ce liquide se déplace. Les parois internes des canaux sont tapissées de cellules sensibles qui transmettent au cerveau les informations relatives aux mouvements du liquide. En traitant les informations en provenance de ces cellules, le cerveau peut ainsi connaître à chaque instant la position de la tête par rapport à la verticale.



Ce système de régulation complexe qui nous permet de tenir en équilibre peut être pris en défaut dans des situations inhabituelles telles que des stimulations trop fortes (carrousel) ou contradictoires (mal de voyage).

Il existe par ailleurs divers troubles de l'équilibre qui peuvent apparaître lors de nombreuses maladies du système nerveux ou d'atteintes de l'oreille interne.

QUELQUES DEFINITIONS

Gravité et force de gravité

Tous les corps s'attirent mutuellement. La plupart du temps, cet effet est trop faible pour être observé. Il est néanmoins un cas particulièrement manifeste et auquel nul n'échappe : la gravité ou la pesanteur. Il existe une attraction entre vous et la terre grâce ou à cause de laquelle vous êtes maintenu au sol. C'est la force de gravité ou force de pesanteur.

Si on considère un objet quelconque à la surface de la terre, cet objet subit la force de gravité. Celle-ci est proportionnelle à la masse de l'objet et est toujours dirigée vers le centre de la terre.

Moment d'une force

Le moment d'une force F par rapport à un axe est le produit vectoriel entre la force appliquée et la distance entre l'axe et le point d'application de la force.

Un objet est à l'équilibre lorsque la somme des forces et la somme des moments qui agissent sur lui sont nulles.

Masse volumique

La masse volumique d'un matériau, appelée aussi densité, est sa masse par unité de volume. La masse volumique se mesure en kg/m^3 .

Si une tonne de plumes pèse la même chose qu'une tonne de plomb, la tonne de plomb occupe un volume bien plus petit car la masse volumique du plomb est beaucoup plus grande que celle des plumes.

Il est faux de dire que le plomb est plus lourd que les plumes, le plomb est plus dense que les plumes.

