

Forces, moments de forces, balances et mobiles

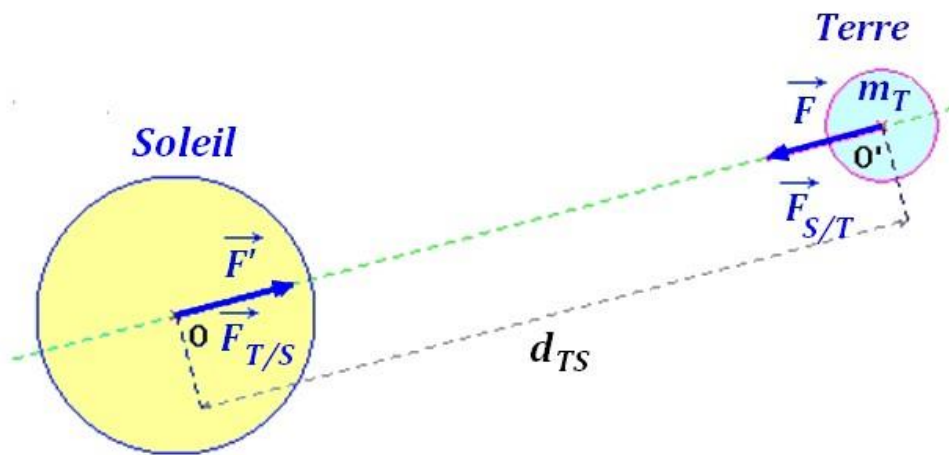
1- La notion de force

Une force est le résultat d'une action exercée par un émetteur sur un récepteur.

Une force peut mettre en mouvement un objet, modifier son mouvement ou encore déformer l'objet.

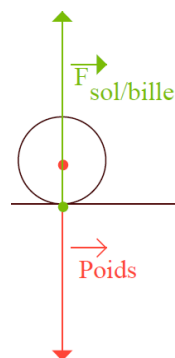
On représente une force par un vecteur (une flèche) qui donne sa direction, son sens et son intensité (sa valeur).

Exemple dans le schéma ci-dessous : \vec{F} est la force exercée par le soleil sur la Terre et \vec{F}' est la force exercée par la Terre sur le soleil.



La Terre exerce une force d'attraction sur tout corps placé à son voisinage : c'est la **loi de l'attraction universelle**. Cette force d'attraction est encore appelée **poinds** (ou force de pesanteur).

On dit d'un objet qu'il est en équilibre stable quand il ne bouge pas au repos. Il est alors soumis à deux forces : la force de pesanteur et la réaction du support. C'est ce qui est présenté sur le schéma suivant (exemple d'une bille au repos sur le sol) :



2- Différence entre poids et masse

Le poids d'un objet ou force de pesanteur est la force d'attraction que la Terre exerce sur lui. Il s'exprime en Newton (symbole : N).

La masse d'un objet est la quantité de matière que contient l'objet. Elle s'exprime en kg et se mesure à l'aide d'une balance.

Le poids d'un objet est proportionnel à sa masse selon l'équation :

$$\begin{array}{ccccc} \mathbf{P} & = & \mathbf{m} & \times & \mathbf{g} \\ \text{Poids en Newtons} & & \text{masse en kilogrammes} & & \text{g vaut } 9,81 \text{ N/kg} \\ \text{N} & & \text{kg} & & \text{N/kg} \end{array}$$

g est la constante de gravité et vaut environ 9,81N/kg sur Terre. Mais g varie en fait légèrement en fonction du lieu, de l'altitude sur Terre.

Sur la lune, g a une valeur de 1,65 N/kg (les hommes pèsent alors environ 6 fois moins que sur Terre), c'est pourquoi les astronautes semblent très légers quand ils s'y déplacent. Attention : leur masse reste identique.

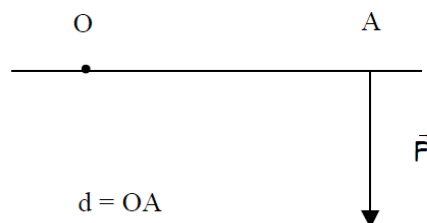
3- Le moment d'une force

On appelle **moment d'une force** \vec{M}_O par rapport à un point O la capacité de la force à mettre en mouvement un corps susceptible de tourner autour de ce point. Le moment de la force \vec{F} est noté $M_O \vec{F}$

Ce moment est proportionnel à l'intensité F de la force et à la distance (appelée « bras de levier ») qui sépare le point d'application de la force du point O.

Remarque : Il ne s'agit pas ici de développer une partie de cours sur les leviers puisque le principe des leviers est étudié au collège (B.O. n°25 du 19 juin 2014).

Dans le cas où la force est perpendiculaire :



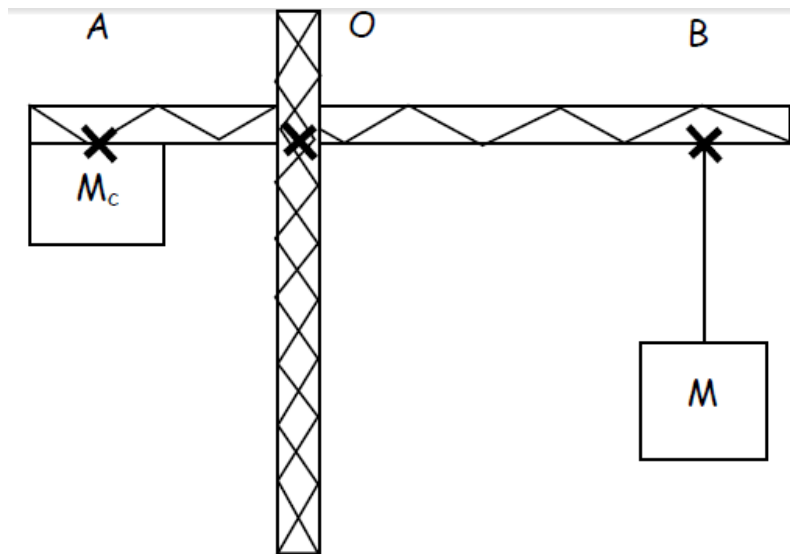
$$M_O \vec{F} = F \times d$$

L'unité de moment d'une force est le N.m

4- Théorème des moments

Un solide est immobile autour d'un axe si la somme des moments des forces qui visent à faire tourner ce solide dans un sens est égale à la somme des moments qui visent à le faire tourner dans l'autre sens (c'est-à-dire si l'action d'une première force tendant à le faire tourner dans un sens est compensée par l'action d'une seconde force tendant à le faire tourner dans l'autre sens).

Prenons l'exemple de la grue ci-dessous, à laquelle est fixée en B une masse M et en A une masse M_c (c'est la masse du contrepoids) :



Le moment du poids de la charge M par rapport à O s'exprime ainsi :

$$\begin{aligned} M_o \vec{P} &= P \times OB \\ &= M \times g \times OB \quad (\text{car } P = M \times g) \end{aligned}$$

Si M et OB sont connus (g étant connu – cf. plus haut), on peut donc calculer le moment du poids de la charge M (il s'exprimera en N.m).

La grue restera en équilibre si le moment du poids de la charge M par rapport à O est égal au moment du poids de la charge M_c par rapport à O, ce qui s'écrit :

$$\begin{aligned} M_o \vec{P} &= M_o \vec{P}_c \\ M \times g \times OB &= M_c \times g \times OA \end{aligned}$$

En simplifiant par g, on obtient :

$$M \times OB = M_c \times OA$$

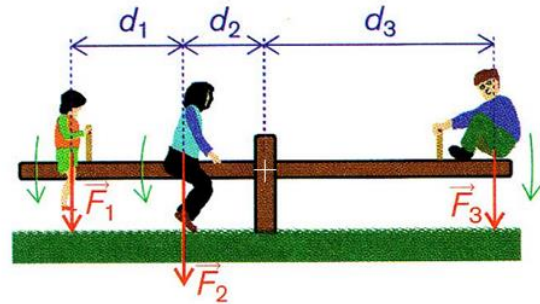
4- Illustration avec le principe de la balançoire

Le cas de la balançoire est similaire à celui de la grue précédente. On peut donc appliquer à la balançoire le théorème des moments.

Petit exercice d'application :

AN : Calculez le moment du poids de chaque enfant par rapport à O et appliquez le théorème des moments pour déterminer si la balançoire est en équilibre.

Hina :	$m_1 = 10 \text{ kg}$	$d_1 = 0,40 \text{ m}$
Tevahine :	$m_2 = 20 \text{ kg}$	$d_2 = 0,20 \text{ m}$
Teva :	$m_3 = 20 \text{ kg}$	$d_3 = 0,50 \text{ m}$



Solution :

$$M(F_1) = M_1 \times (d_1 + d_2) \times g \quad \text{Application numérique (A.N.) : } M(F_1) = 10 \times (0,40 + 0,20) \times 9,81 = 58,86 \text{ N.m}$$

$$M(F_2) = M_2 \times d_2 \times g \quad \text{Application numérique (A.N.) : } M(F_2) = 20 \times 0,20 \times 9,81 = 39,24 \text{ N.m}$$

$$M(F_3) = M_3 \times d_3 \times g \quad \text{Application numérique (A.N.) : } M(F_3) = 20 \times 0,50 \times 9,81 = 98,10 \text{ N.m}$$

La balance sera en équilibre si

$$M(F_1) + M(F_2) = M(F_3)$$

$$\text{Et justement } 58,86 + 39,24 = 98,10 \text{ N.m}$$

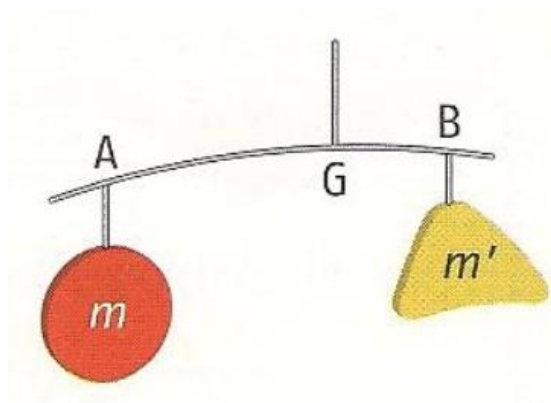
Conclusion : La balance est en équilibre.

5- Illustrations avec le cas du mobile suspendu

Le cas du mobile est lui aussi similaire à celui de la grue. Il faudra donc, lors de la construction d'un mobile, jouer sur les distances AG et GB (si l'on prend l'exemple ci-après) afin que le mobile reste en équilibre.

On pourra notamment vérifier que si les deux objets accrochés ont la même masse (par exemple deux objets identiques), on aura $AG = GB$.

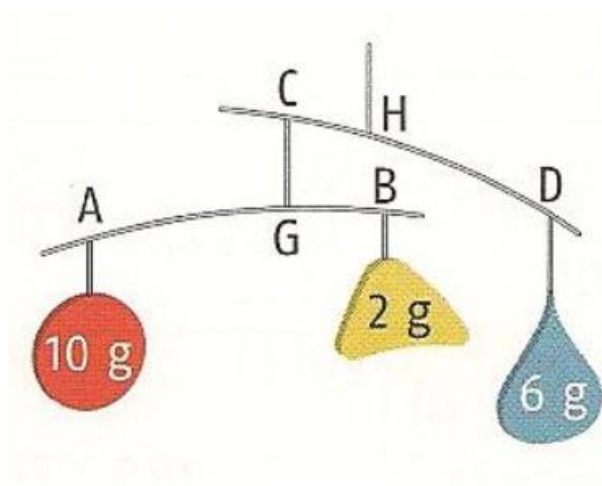
Cas d'application 1 : mobile à un fléau



Calculer m sachant que $AG = 20$ cm, $GB = 10$ cm et $m' = 30$ g.

Réponse en TD.

Cas d'application 2 : mobile à deux fléaux



Trouver la position des points G et H pour que le mobile à deux fléaux ci-contre soit en équilibre en sachant que toutes les tiges mesurent 12cm ($CD = AB = 12$ cm) et que la masse des tiges est négligeable.

Attention : le schéma n'est pas à l'échelle.

Réponse en TD.

Images issues des sites : scphysiques2010.voila.net, <http://sciences.physiques.perso.neuf.fr>; http://lplagrangemaths.free.fr/Sciences/cours/Statique/Cours_CH_III_Moment_d_une_force_d_un_couple_NII.pdf; <http://www.ilemaths.net/forum-sujet-485217.html>