

# MÉCANIQUE

## • FORCES ET MOMENTS.

### Définir et représenter une force.

Une force modélise le **résultat d'une action d'un auteur sur un receveur**.

Si une force  $F$  agit sur un corps, celui-ci est accéléré (= mis en mouvement), déformé ou change de direction. Tous ces effets peuvent se produire en même temps.

Donc force → **action qu'on exerce sur un objet** quand on le pousse pour le faire bouger. Cette action a une direction et un sens, et est plus ou moins « forte ».

Deux types d'actions :

- Par contact (*poussée, traction*).
- S'exerçant à distance : *attraction magnétique ; actions électriques (électrostatique) ; gravitation ; pesanteur.*

La force (ou action) du physicien possède quatre caractéristiques :

- **Une direction**
- **Un sens**
- **Une intensité** (importance de l'action) exprimée en Newtons (N).
- **Un point d'application** : point que la force exerce.

Représentation d'une force → flèche (vecteur) partant de son point d'application.

**Direction et sens de la flèche** → **force**.

**Longueur de la flèche** → **intensité** (peut être proportionnelle).

*Ex : une personne (P) tire sur une corde fixée à un mur (M). Le sens est noté de A vers B.*

*La force =  $\vec{F}_{PM}$*

*La direction est donnée par la corde. Le point d'application est A et l'intensité (de 50 N par exemple) est notée F.*

### Classification des forces.

- **Force magnétique** (aimant sur objet en fer).
- **Force éolienne** (vent sur hélice).
- **Force mécanique** (camion qui remorque une voiture).
- **Poids** (action de la Terre sur un objet).
- **Force pressante** (eau sur paroi d'un verre).
- **Force électrostatique** (corps électrisé).

## Le moment d'une force.

Le moment d'une force dépend totalement de l'axe de rotation. C'est le **produit de l'intensité de la force (F) et de la distance (d) de la force à l'axe de rotation**.

$$M = F \times d$$

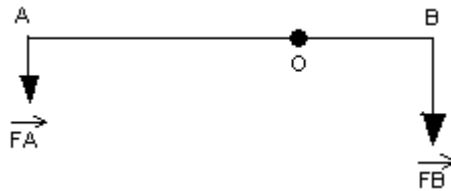
Le moment **M** s'exprime en **newtons-mètres (Nm)**.

La valeur de la force peut être positive ou négative.

## THÉORÈME DES MOMENTS.

⇒ *Si un solide mobile autour d'un axe est en équilibre, alors la somme des moments des forces qui s'exercent sur lui pour le faire tourner dans un sens est égale à la somme des moments qui tendent à le faire dans l'autre sens.*

$$M_A = M_B \text{ ou } F_A \times OA = F_B \times OB.$$



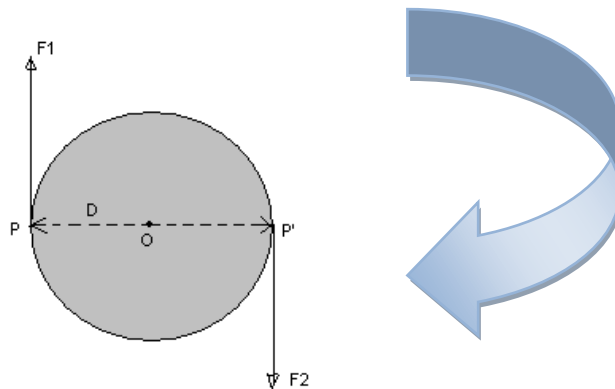
## Le couple d'un moteur.

Lorsque l'on fait tourner une molette avec le pouce et l'index, ou bien encore un volant avec les deux mains, on exerce sur l'objet (en deux points généralement diamétralement opposés) deux forces parallèles, de même intensité et de sens opposés.

**On dit qu'on exerce sur l'objet un couple de forces ou plus simplement : un couple.**

Le moment de ce couple est égal à la somme des moments des forces.

$$M = (F \times OP) + (F \times OP') = F(OP + OP') = FD$$



## • MASSE ET POIDS.

Le **poide** d'un objet est la **force d'attraction verticale** exercée par la Terre sur celui-ci. Il est noté  $P$  et s'exprime dans l'unité de force : le **newton ( $N$ )**.

La **masse**  $m$  d'un objet est une **grandeur mesurable** qui caractérise la **quantité de matière** qui le constitue. Elle s'exprime en **kilogramme ( $kg$ )**.

→ La masse se conserve car la matière se conserve.

Le poids et la masse sont proportionnels, selon la relation :  $P = m \times g$

La Terre exerce une force d'attraction sur tout corps voisin (= loi de l'attraction universelle) → **force de pesanteur = poids.**

«  $g$  » dépend de la masse de la Terre et de la distance de l'objet par rapport à son centre  
→ **intensité de la pesanteur** → À la surface de la Terre,  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .

N'importe où à la surface de la Terre, un objet de masse  $n$  fois  $1 \text{ kg}$  a un poids de  $n$  fois  $9,81 \text{ N}$ .

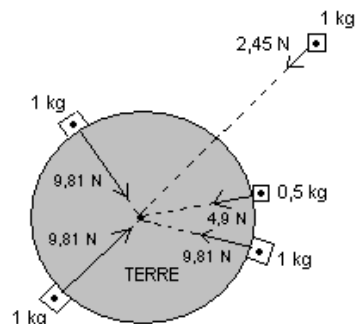
Il suffit de mesurer le poids d'un objet pour en déduire sa masse.

Si on s'éloigne de la Terre, le poids de l'objet diminue alors que la masse reste constante.

NB : la masse reste la même quel que soit l'endroit où l'on se trouve (Terre, Lune...).

Le poids d'un objet varie dans l'univers et dépend de la planète où il se trouve, suivant la valeur de «  $g$  » ( $G_{\text{Terre}} = 9,81$  ;  $G_{\text{Lune}} = 1,67$ ).

⇒ Ex : pour une distance à la Terre égale à son rayon (soit environ  $6\,400 \text{ km}$ ), la distance au centre de la Terre a doublé et le poids de l'objet a été divisé par 4.  
Le poids de l'objet de  $1 \text{ kg}$  ne vaut plus alors que  $2,45 \text{ N}$  environ.



Terre et poids de plusieurs objets

## • LES LEVIERS.

**Levier** → objet ayant pour rôle de faciliter le levage d'une charge ou principe physique intervenant dans de nombreux systèmes mécaniques de notre environnement quotidien, notamment les balances.

Une « barre à mine » peut constituer un levier.

⇒ Si on place une extrémité de la barre sous une lourde pierre et qu'on l'appuie sur un support résistant, en appuyant vers le bas à l'autre bout → soulèvement de la pierre.

Le levier est un solide rigide et mobile que l'on fait pivoter autour d'un axe (point d'appui) en exerçant une force motrice ( $F$ ) capable de vaincre une force résistante (ici le poids  $P$  de la pierre).

Pour que la barre tourne et que la pierre soit soulevée, il faut que le moment de la force motrice  $F$  soit supérieur à celui de la force résistante  $P$ .

⇒ Distances entre le point d'appui et les extrémités → **bras de leviers.**

On dit aussi que le levier transmet la force motrice vers le point de résistance en la multipliant dans le rapport inverse des bras de leviers.

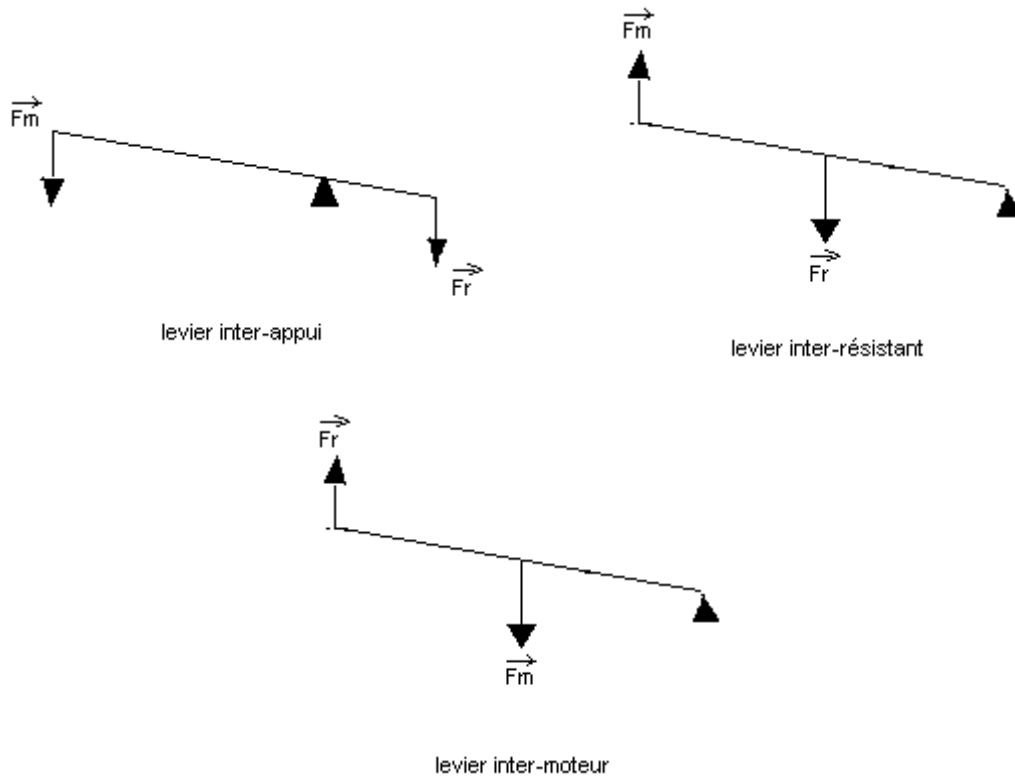
En revanche, un grand déplacement du point opposé à la pierre se traduit par un déplacement du point de résistance : ce que l'on gagne en force, on le perd en déplacement.

⇒ Ceci traduit la conservation de l'énergie : le travail obtenu en sortie (soulèvement de la pierre) est égal au travail fourni en entrée (force motrice abaissant la barre).

### Différents types de leviers.

- Les leviers simples (= une seule barre) : *barre à mine ; pied-de-biche ; décapsuleur ; couteau à pain ...*
- Les doubles leviers (= deux barres articulées) : *casse-noix ; ciseaux ; pinces...*
- Les leviers inter-appui : *barre à mine ; pied-de-biche ; ciseaux ...* = point d'appui placé entre les deux forces qui s'exercent toutes deux dans le même sens.
- Les leviers inter-résistants : *couteau à pain ; décapsuleur ; casse-noix...* = la force résistante est appliquée entre la force motrice et le point d'appui du levier. Les deux forces sont alors de sens opposé.
- Les leviers inter-moteur : *vérin hydraulique ; canne à pêche...* = la force motrice est appliquée entre la force motrice et le point d'appui. Les deux forces sont de sens opposé.

$F_m$  (force motrice) ;  $F_r$  (force résistante)



Les lois des leviers (pour chaque type de levier dans sa position d'équilibre) :

- ☞ La **somme des forces** appliquées au levier est **nulle**.
- ☞ Il y a **égalité entre les moments des forces antagonistes**.
- ☞ Il y a **conservation de l'énergie transférée par travail** lors des déplacements.

## • LES BALANCES.

→ Instruments de mesure qui permettent de mesurer les masses.

Leur fonctionnement est une illustration du théorème des moments.

La force exercée par l'objet à peser peut avoir deux effets distincts suivant le type de balances.

- ⇒ Générer un mouvement de rotation du fléau autour d'un axe dans les balances à levier ;
- ⇒ Déformer un ressort en l'étirant ou le comprimant dans le cas des balances à déformation élastique.

Pour réaliser des mesures, on utilise la **proportionnalité entre masse et poids** →  $P = m \times g$

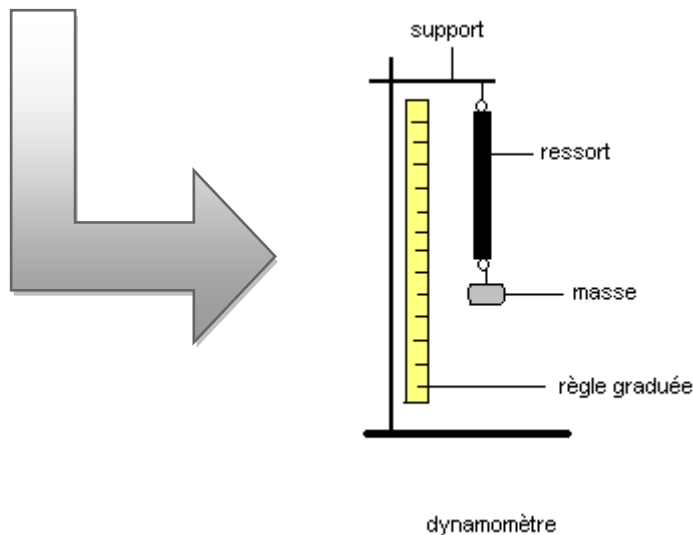
$P$  poids en newton (N) ;

$m$  = masse en kilogramme (kg)

$g$  = intensité de la pesanteur en N/kg.

## Différents types de balances.

- ❖ **Les « fausses » balances** → ne mesurent que le poids de l'objet (la force qui appuie). Ce sont en fait des **dynamomètres**. *Ex : pèse-personnes et autres balances de ménage.* Elles peuvent malgré tout être graduées en kilogramme en se fondant sur le rapport de proportionnalité entre masse et poids, valable partout à la surface de la Terre (9,81N/kg). En revanche, elles ne pourraient pas être utilisées ailleurs (Lune ou Mars).



- ❖ **Les « vraies » balances** → indiquent la masse d'un objet par comparaison avec une masse de référence. Elles donneraient le même résultat en n'importe quel lieu où s'exerce une pesanteur (Terre, Lune, Mars...) = *balances à deux plateaux ; balances romaines...*

### Les balances à deux plateaux ou balance Roberval.

**Fonctionnement** → équilibre d'une barre appelée fléau, mobile autour d'un axe et symétrique par rapport à cet axe. Deux plateaux identiques sont accrochés à égale distance ( $d$ ) de l'axe.

À vide, le fléau est en équilibre.

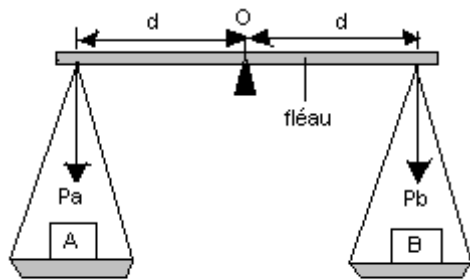
Si deux objets de même masse, donc de même poids, sont placés dans les deux plateaux, le fléau reste en équilibre car les moments des poids sont égaux (car agissent à égale distance de l'axe).

### Les balances romaines.

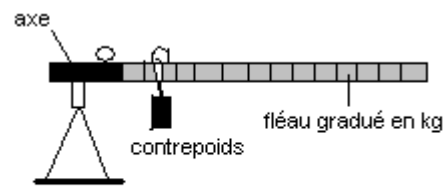
→ Permettent de mesurer la masse d'un objet en déplaçant un contrepoids sur un bras de fléau gradué, afin d'obtenir l'équilibre du fléau.

**Plateau vide** → le contrepoids occupe la position notée 0, qui correspond à une masse nulle.

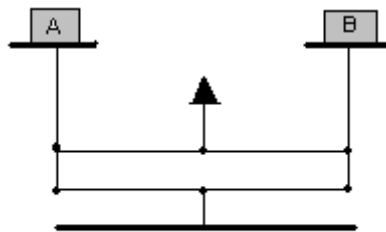
Lorsqu'on place un objet sur le plateau, son poids (ou plutôt le moment de son poids par rapport à l'axe) tend à faire descendre le fléau de son côté. Pour rétablir l'équilibre, il faut éloigner le contrepoids de l'axe afin d'augmenter le moment de son poids par rapport à l'axe et le rendre égal à celui qui agit de l'autre côté. La graduation en kg est régulière (intervalles égaux).



balance à deux plateaux suspendus



balance romaine



balance à deux plateaux

## • LES ÉQUILIBRES.

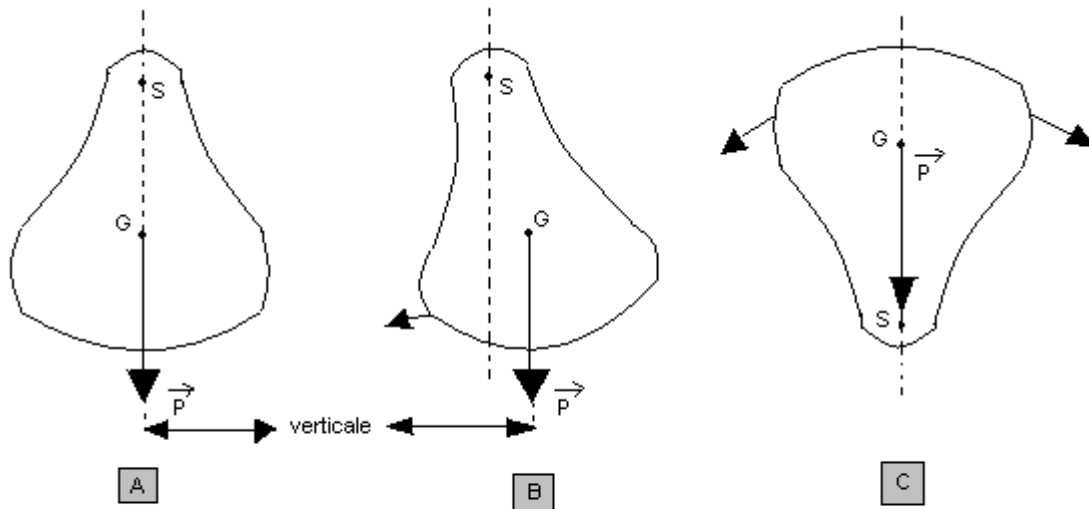
Un objet est en équilibre autour d'un axe si la somme des moments des forces qui visent à le faire tourner est nulle.

### Gravité d'un objet.

Un objet quelconque est soumis à son poids, force verticale qui le tire vers le centre de la Terre. Ce poids total est en fait la somme de tous les poids élémentaires (tous verticaux) s'exerçant sur chaque particule matérielle de l'objet.

Centre de gravité → point où il faut appliquer le poids total pour que son effet soit le même que l'ensemble des poids élémentaires.

- ⇒ Un objet suspendu en un point (S) est en **équilibre stable** lorsque son **centre de gravité G** se trouve sur la verticale passant par S, et en dessous de ce point (dessin A). Si on l'écarte de cette position (dessin B), l'action de son poids par rapport au point S le fait tourner pour revenir vers sa position d'équilibre (il oscille avant de s'immobiliser).
- ⇒ Si l'objet est dans une position telle que son centre de gravité soit à la verticale de S mais au dessus de ce point (dessin C), il est alors en **équilibre instable** = dès qu'il est très légèrement écarté de cette position, son poids le fait tourner pour revenir à la position d'équilibre stable.
- ⇒ Si le point de suspension de l'objet se trouve être le centre de gravité, l'objet est en **équilibre indifférent** = il reste dans n'importe quelle position, où qu'on le place.



équilibre d'un objet suspendu

### Exemple d'une balançoire.

La barre d'une balançoire du type « bascule » est en équilibre si la somme des moments des forces tendant à la faire tourner dans un sens est égale à la somme des moments des forces tendant à la faire tourner dans l'autre.

Si une balançoire parfaitement équilibrée à vide (= centre de gravité de la barre coïncidant avec l'axe) est chargée de deux personnes, la condition d'équilibre est l'égalité des moments des deux poids. *La personne la plus lourde devant s'asseoir plus près de l'axe.*

$$M_1 = P_1 \times d_1 = M_2 = P_2 \times d_2$$

(M = moment ; d = distance entre l'axe et la personne ; P = poids).

Le rapport des distances doit être l'inverse du rapport des poids :  $d_2/d_1 = P_1/P_2$ .