

Introduction : La statique, à quoi ça sert ?

La statique a pour objectif l'étude de l'équilibre des corps. Le but final est de déterminer les efforts agissant sur un système et de définir les efforts pouvant être transmis par les liaisons du système.

1/ Qu'est ce qu'une action mécanique ?

1. **Définition** : Une action mécanique est définie par toute cause susceptible de :
- Mettre en mouvement un solide.
 - Maintenir un solide au repos.
 - Déformer un solide.



Exemple: un footballeur frappant un ballon \Rightarrow Action du pied sur le ballon.

2. Différents types d'action mécanique :

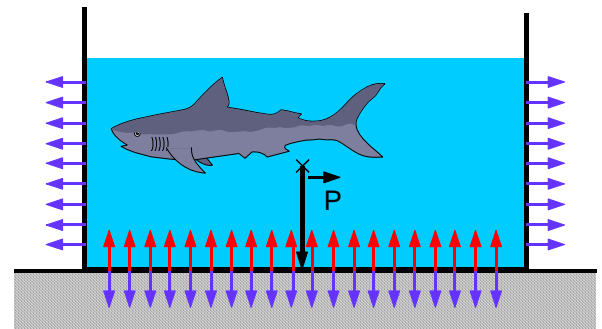
Actions mécaniques de contact :

Type de contact :

- ✓ solide / solide : Action du sol sur l'aquarium.
- ✓ solide / liquide : Action de l'eau sur l'aquarium.

Actions mécaniques à distance :

- ✓ pesanteur : Poids de l'aquarium.
- ✓ champ magnétique

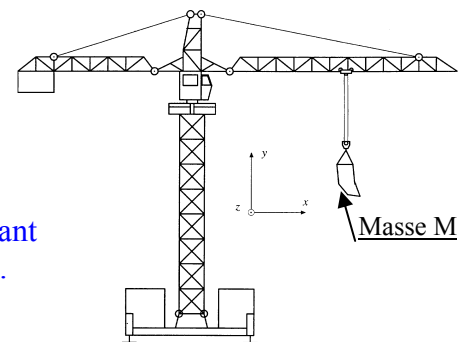


2/ Représentation d'une action mécanique :

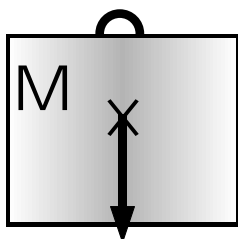
Dans l'exemple ci-contre une charge de masse M est suspendue au bout du câble d'une grue.

Nous allons déterminer les actions mécaniques agissant sur la masse M si l'on suppose que le câble est en position verticale.

Remarque importante : La définition des actions mécaniques agissant sur un système n'est possible que si le système a été au préalable isolé. C'est à dire que l'on crée une frontière autour du système concerné.



Actions mécaniques agissant sur la masse : On isole la masse M



- Combien d'actions mécaniques agissent sur la masse M ?
 - Action mécanique à distance : Poids de la masse M
 - Action mécanique de contact : Action du câble sur la masse M
- En quels **points** se situent les actions mécaniques ?
 - pt G : centre de gravité de la masse M
 - pt A : point d'encrage du câble sur la masse M
- Suivant quelle **direction** agissent-elles ?
 - Poids de la masse M : perpendiculaire au sol (*pesanteur/gravité*)
 - Action du câble sur la masse M : direction du câble (*verticale*)
- Suivant quels **sens** ?
 - Poids de la masse M : vers le bas
 - Action du câble sur la masse M : vers le haut
- Quelle est l'**intensité** de l'action mécanique de contact ?
 - Égale à l'action mécanique à distance (*Poids de la masse M*)
- A quoi vous font penser toutes ces caractéristiques ? **UN VECTEUR**

3/ Notion de vecteur force :

On appelle force, l'action mécanique élémentaire qui s'exerce mutuellement entre deux particules, pas forcément en contact. Ce sont toutes les causes susceptibles de déformer un corps ou d'avoir un effet sur les caractéristiques du mouvement de ce corps.

Une force est donc toujours appliquée en un point, elle est modélisable par un vecteur.

Remarque importante : En l'absence de frottements, une force est toujours perpendiculaire à la surface (ou au plan tangent) et toujours dirigée vers l'intérieur de la matière.

On caractérise une force par :

Tracer ci-dessous un vecteur force de norme 300 N (1cm \Rightarrow 10daN)

●	Son point d'application	pt A
—	Sa direction ou ligne d'action	droite (Δ)
→	Son sens	vers le haut
$\ \vec{F}_{1/2}\ $	Son intensité ou norme ou module	300 N

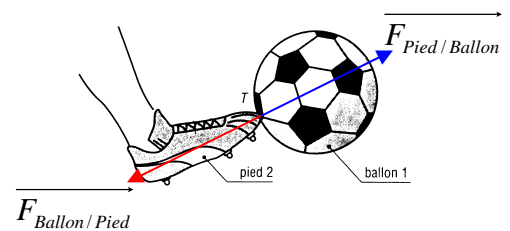
Notation : $\vec{F}_{1/2}$ Unité : le Newton (N)

4/ Principe des actions mutuelles :

Toute force implique l'existence d'une autre force qui lui est **directement opposée**.

Exemple : un footballeur frappant un ballon

$$\Rightarrow \vec{F}_{\text{Pied/Ballon}} = -\vec{F}_{\text{Ballon/Pied}}$$

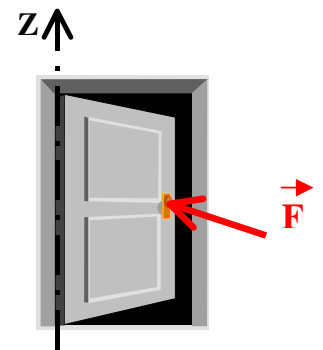


5/ Moment d'une force :

Un moment est une action mécanique (force) qui a **tendance à créer un mouvement de rotation**.

Exemple : une porte

L'action \vec{F} exercée sur la poignée de la porte crée un mouvement de rotation autour de l'axe Z. On dit que la force \vec{F} crée un **moment** autour de l'axe Z.

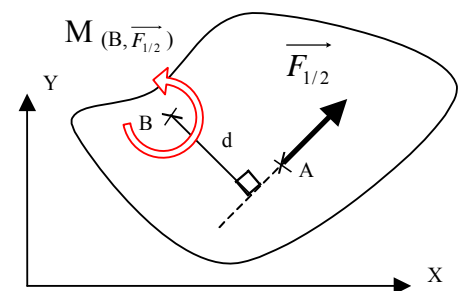


1. Définition géométrique :

On appelle moment, par rapport au point B, de la force $\vec{F}_{1/2}$, appliquée au point A, le vecteur lié d'origine B défini par la relation :

$$M_{(B, \vec{F}_{1/2})} = \|\vec{F}_{1/2}\| \times d$$

Le segment d représente la distance entre le point B et la droite support de la force $\vec{F}_{1/2}$. Ces 2 droites sont toujours perpendiculaires entre elles.



(sens anti-horaire)

Le moment est dit positif lorsque la force a tendance à faire tourner le solide dans le sens trigonométrique.

2. Propriétés du vecteur moment :

Le vecteur $M_{(B, \vec{F}_{1/2})}$ est tel que :

- Son point d'application est B.
- Son support est perpendiculaire à la direction du bras de levier d et à la direction de la force $\vec{F}_{1/2}$.
- Son sens est donné par la règle du tire-bouchon (trièdre direct).
- Sa norme a pour valeur le produit de l'intensité de la force $F_{1/2}$ par le bras de levier d .

Notation : $M_{(B, \vec{F}_{1/2})}$

Unité : le Newton mètre (Nm)

3. Cas de nullité du vecteur moment :

Le vecteur moment $M_{(B, \vec{F}_{1/2})}$ est nul si le point B se situe sur le support de la force $\vec{F}_{1/2}$.

6/ Notion de couple :

1. Définition :

Le moment engendré par deux forces égales et opposées, de sens contraire et de support parallèle constitue un couple noté C.

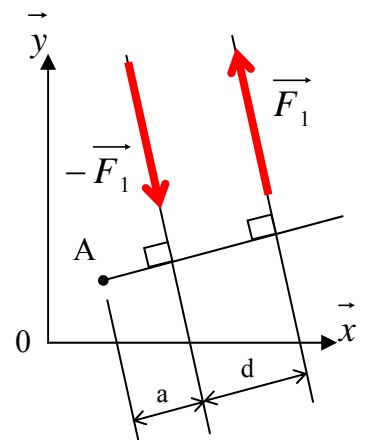
Le moment d'un couple est constant en tout point du plan.

L'intensité du couple est égale à la somme des moments créé par les forces.

$$C = M_{(A, \vec{F}_1)} + M_{(A, -\vec{F}_1)} = F_1 \times (a + d) - F_1 \times a$$

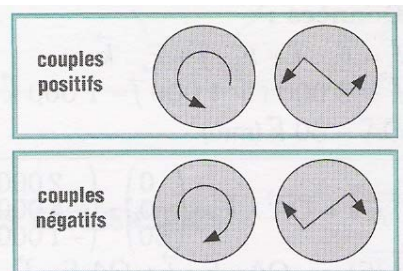
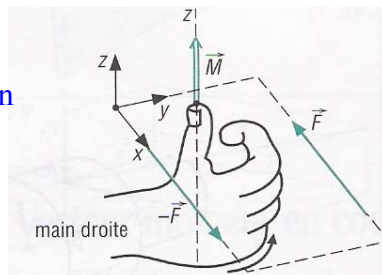
$$C = F_1 \times d$$

L'intensité du couple est indépendante du point A ou de la valeur de a. Elle ne dépend que de la distance d entre les deux forces et de l'intensité F.



2. Signe du couple :

Un couple positif amène une rotation dans le sens trigonométrique.

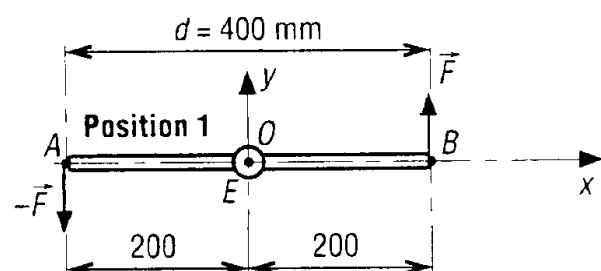
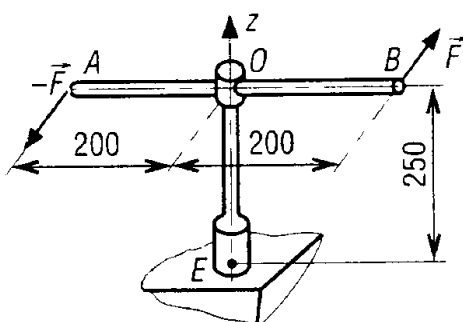


3. Exemple : Clé à bougie

Une clé à bougie se compose d'un corps et d'une tige de manœuvre coulissante et réglable.

Les forces \vec{F} et $-\vec{F}$ schématisent les actions mécaniques exercées par la main de l'opérateur.

Si $\|\vec{F}\| = 100\text{N}$, déterminons sous forme algébrique, le couple de desserrage C exercé par la clef sur l'écrou en E pour les 3 positions indiquées dans le tableau suivant :



Position de la tige de manoeuvre	Couple sur l'écrou

Conclusion : **Le moment du couple est constant en tout point de la clé à bougie.**

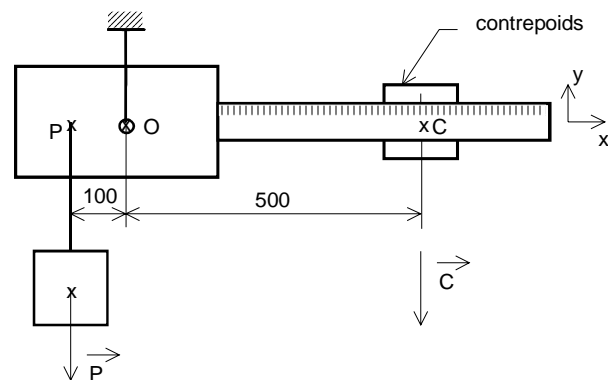
7/ Moment résultant de plusieurs forces :

Le moment résultant \vec{M}_A en un point A de n forces $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ est égal à la somme des moments en A de chacune des forces.

$$\vec{M}_A = \vec{M}_{(A, \vec{F}_1)} + \vec{M}_{(A, \vec{F}_2)} + \dots + \vec{M}_{(A, \vec{F}_n)}$$

Exemple :

La balance à contre poids ci-contre est composée d'un contre poids de masse $m = 5\text{kg}$ coulissant sur un support articulé en O avec le bâti fixe. La masse à mesurer se fixe au point P du support.



Question 1 :

Lors de la mesure, à quel instant la valeur du poids lue sur la règle graduée est-elle juste ?

Quand la balance est équilibrée

Question 2 :

Quelle est la relation qui traduit cette condition ?

Le moment résultant au point O des deux poids est nul

Question 3 :

Déterminer alors la valeur de la masse mesurée.

Nota : la force de pesanteur (poids) associée à la masse en P est :

$$\mathbf{P} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g}$$

avec \mathbf{P} : poids en N (newton)

\mathbf{m} : masse en kg

\mathbf{g} : accélération terrestre = $9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$

$$M_O = M_{(O, \vec{P})} + M_{(O, \vec{C})}$$

$$0 = 0,1 \times P - 0,5 \times C$$

$$\Rightarrow P = \frac{0,5}{0,1} \times C = 5 \times C$$

$$P = 25\text{kg}$$

Poids = $25 \times 10 \approx 250 \text{ N}$ (Newton)

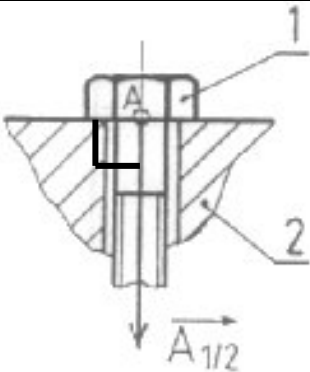
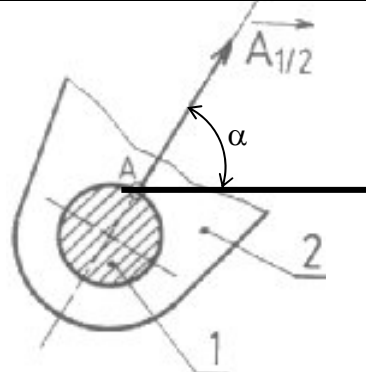
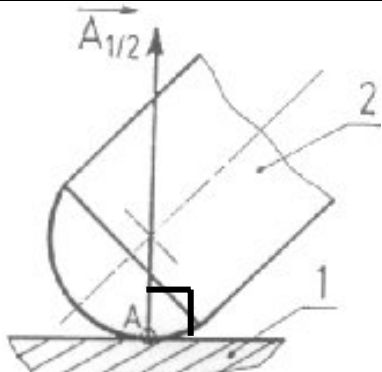
8/ Rappel des différentes actions mécaniques rencontrées :

Actions mécaniques de contact solide / solide :

- Les actions mécaniques concentrées ou ponctuelles.
- Les actions mécaniques réparties sur une ligne.
- Les actions mécaniques réparties sur une surface.

Exemple : Actions mécaniques dans les liaisons parfaites

Nota : Les **liaisons parfaites** sont des liaisons qu'on suppose **sans frottement**

Appui plan		Articulation		Contact ponctuel	
					
Point d'application	A	Point d'application	A	Point d'application	A
Direction	⊥ au support	Direction	α	Direction	⊥ au support
Sens	1→2	Sens	1→2	Sens	1→2
Norme	$\ A_{1/2}\ $	Norme	$\ A_{1/2}\ $	Norme	$\ A_{1/2}\ $

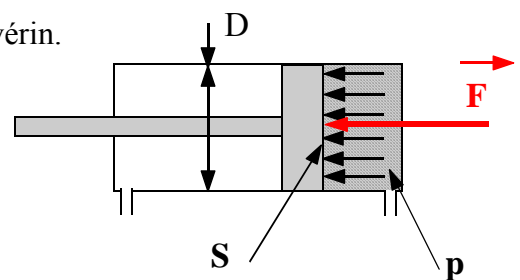
Actions mécaniques de contact liquide / solide :

Lorsque l'effort est réparti sur une surface **S**, l'action exercée sur celle-ci est représentée par une pression de contact ou pression notée **p**.

Exemple : Action de l'huile sous pression sur le piston d'un vérin.

Cette action est remplacée par une résultante \vec{F} dirigée suivant l'axe du piston et elle est égale à : $F = p \cdot S$

- avec
- F** : force en N (newton)
 - p** : pression en Pa (Pascal)
 - S** : surface en m² et $S = (\pi \cdot d^2)/4$

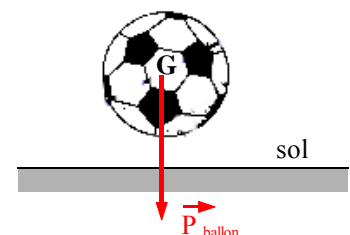


Actions mécaniques à distance :

- Les actions mécaniques créées par les champs magnétiques (aimant, électroaimant,...)
- Les actions mécaniques créées par la pesanteur (poids)

Exemple : ballon de football

Point d'application	centre de gravité G
Direction	verticale
Sens	vers le bas
Norme	$\ P_{ballon}\ $



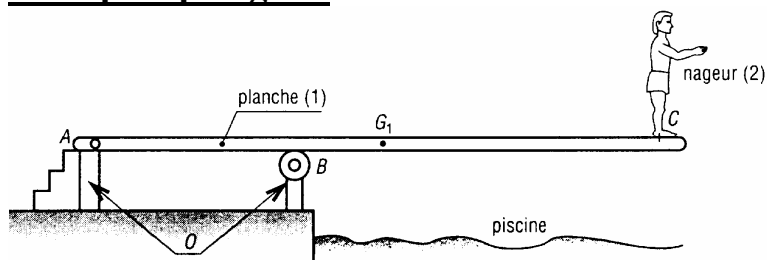
9/ Isolement d'un solide :

L'isolement d'un solide est la première étape dans la résolution d'un problème en statique. Le solide isolé peut être un croquis à main levée, un dessin simplifié ou un dessin précis à l'échelle du solide étudié, destiné à décrire et à définir toutes les actions mécaniques et les efforts qui s'y exercent.

Tous les éléments connus concernant les actions extérieures agissant sur le solide isolé doivent être clairement indiqués :

- Point d'application
- Direction
- Sens
- Intensité

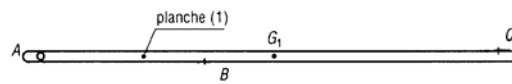
Exemple : plongeur



Le plongeur ci-contre est constitué avec un appui en B et une articulation au point A. Le nageur se situe au point C.

a. On isole la planche :

Etape 1 : on dessine la planche



Etape 2 : on dresse le bilan des actions mécaniques agissant sur la planche.

La planche (1) supporte 4 actions en A, B, C et G_1 :

$$\vec{A}_{(0 \rightarrow 1)}, \vec{B}_{(0 \rightarrow 1)}, \vec{C}_{(2 \rightarrow 1)} \text{ et } \vec{P}_1$$

b. On isole le nageur :

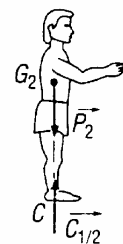
Etape 1 : on dessine le nageur

Etape 2 : on dresse le bilan des actions mécaniques agissant sur le nageur.

Le nageur (2) est soumis à deux actions en C et en G_2 .

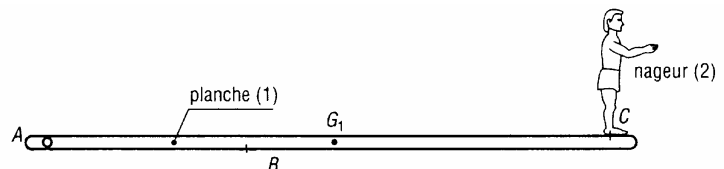
$$\vec{C}_{(1 \rightarrow 2)} \text{ et } \vec{P}_2$$

solide isolé :
nageur (2)



c. On isole la planche et le nageur :

Etape 1 : on dessine l'ensemble
 $E = \{\text{planche} + \text{nageur}\}$



Etape 2 : on dresse le bilan des actions mécaniques agissant sur l'ensemble E

L'ensemble E est soumis à l'action de 4 actions :

$$\vec{A}_{(0 \rightarrow E)}, \vec{B}_{(0 \rightarrow E)}, \vec{P}_1 \text{ et } \vec{P}_2$$