

Fiche de cours — Équilibre d'un solide en rotation

Tout le cours en deux pages, recto-verso. À garder sous les yeux pendant les exercices et à relire avant l'évaluation.

1. Le moment d'une force

Définition — Force et moment

Le **moment d'une force par rapport à un axe** mesure son **effet de rotation** autour de cet axe. Il dépend de l'intensité de la force, de son point d'application **et de sa direction**.

À force identique, pousser une porte près de la poignée fait tourner davantage que pousser près des charnières.

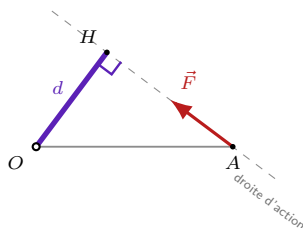
2. Le bras de levier

Définition

Dans le plan perpendiculaire à l'axe, le **bras de levier** d est la distance **perpendiculaire** entre O (l'axe) et la **droite d'action** de la force.

Méthode — Le trouver en 4 gestes

1. Repérer O (l'axe) et le point d'application A .
2. Prolonger la flèche : c'est la **droite d'action**.
3. Tracer depuis O la **perpendiculaire** à cette droite ; son pied est H .
4. $d = OH$. Si la force est perpendiculaire à OA , alors $d = OA$.



Le bras de levier est le segment violet OH , **seule** distance perpendiculaire de l'axe à la droite d'action. Ni OA ni HA ne sont le bras.

Erreur fréquente

Prendre la longueur de l'outil est faux. Si la droite d'action **passe par O**, le bras est nul, même si A est loin.

3. Calculer le moment

$$M = F \times d$$

F en newtons (N), d en **mètres** (m), M en newton-mètre (Nm).

$$F = \frac{M}{d} \quad (d \neq 0) \quad d = \frac{M}{F} \quad (F \neq 0)$$

Exemple — Une clé

$F = 50 \text{ N}$ perpendiculaire, à 30 cm de l'axe. On convertit : $d = 0,30 \text{ m}$, donc $M = 50 \times 0,30 = 15 \text{ Nm}$.

Erreur fréquente

$25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$, pas 25 m . Le moment est en Nm : ce n'est ni une force en N , ni une énergie en joules.

4. La condition d'équilibre

Définition — Convention de signe

Dans la vue choisie : effet **antihoraire** compté +, effet **horaire** compté −. Le moment signé vaut $+Fd$, $-Fd$ ou 0.

Pour un solide **immobile**, libre de tourner autour d'un axe fixe :

$$\sum M_{\Delta} = 0$$

Avec deux moments opposés non nuls : $F_1 d_1 = F_2 d_2$.

Méthode — Résoudre un problème

1. Définir le solide et son axe ; inventorier **toutes** les actions extérieures.
2. Repérer les bras, les moments nuls et les sens de rotation.
3. Convertir en mètres, puis écrire $\sum M_{\Delta} = 0$.
4. Résoudre, vérifier l'unité, interpréter le résultat.

Exemple — Le levier

Charge : 120 N à 0,20 m ; force à 0,60 m.
 $120 \times 0,20 - F \times 0,60 = 0 \Rightarrow F = 40 \text{ N}$. Trois fois plus loin, trois fois moins de force.

Le moment de la **réaction du pivot** est nul : sa droite d'action passe par O. Une somme nulle ne veut pas dire que chaque moment est nul.

5. Centre de gravité G

Définition

G est le point d'application du **poids** $P = mg$, vertical et dirigé vers le bas.

Plaque **homogène d'épaisseur constante** : G au centre du rectangle ou du disque ; pour un triangle, à l'intersection des médianes. Ces constructions ne valent pas pour une plaque chargée inégalement.

Méthode — Le trouver par suspension

1. Suspendre la plaque librement en A ; attendre l'immobilité.
2. Tracer **sur la plaque** la verticale du fil à plomb passant par A.
3. Recommencer en un autre point B.
4. G est à l'intersection des deux traces ; une troisième suspension contrôle.

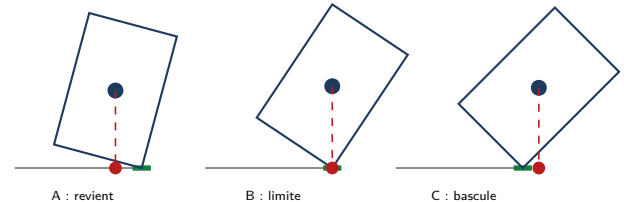
6. Basculement

Définition — Base de sustentation

Zone délimitée par les points d'appui. Sur support horizontal, sans glissement, c'est la position de la **verticale de G** qui s'étudie.

Verticale de G à l'intérieur de la base : pas de basculement ■ **exactement sur le bord** : cas limite, moment du poids nul ■ **au-delà** : le poids fait basculer.

Plus stable : abaisser G, ou élargir la base.



Même boîte, inclinée autour de son arête d'appui (en vert). Le point rouge est l'endroit où la verticale de G rencontre le sol : à gauche de l'arête, la boîte revient ; sur l'arête, c'est la limite ; à droite, elle bascule.

Erreur fréquente

« Objet haut » $\neq$ « déjà en train de basculer » : regarder la verticale de G *dans la position étudiée*.

Les quatre réflexes

- **Choisir** : je repère le solide, l'axe et toutes les actions extérieures.
- **Calculer** : je mesure le bras *perpendiculaire*, je convertis en mètres, j'attribue le signe, puis je calcule Fd en N m.
- **Vérifier** : je garde les moments nuls dans l'inventaire et je contrôle que la somme est nulle.
- **Conclure** : je situe la verticale de G par rapport aux appuis et je précise les limites du modèle.

Je sais faire

- ☐ Expliquer sans calcul pourquoi on pousse loin de l'axe (C1).
- ☐ Construire la droite d'action et repérer le bras de levier (C4).
- ☐ Calculer $M = Fd$ avec la bonne unité (C1).
- ☐ Retrouver F ou d à partir de M (C1).
- ☐ Inventorier les moments signés d'un dispositif (C2).
- ☐ Appliquer $\sum M_{\Delta} = 0$ pour trouver une inconnue (C2, C3).
- ☐ Construire G d'une plaque par deux suspensions (C5).
- ☐ Prévoir un basculement à partir de la verticale de G (C5).