

Version professeur

Physique-chimie – Première Bac Pro ERA-MA, groupement 3**Cours et applications****Chapitre 6****Équilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe**

Édition : LP-1 / cours R2 – 12 septembre 2026 – Naïm Azzouz

Rappel de cours — Avant de commencer

Savoir reconnaître une force (direction, sens, intensité), convertir des centimètres en mètres et utiliser $P = mg$. Ces acquis viennent du travail de Seconde sur les actions mécaniques.

Repères et ordre de travail

Les codes désignent les capacités du chapitre, pas des codes officiels.

Capacité et intitulé complet	Partie du cours	Page
C1 – Comprendre et calculer la valeur du moment d'une force	1. Observer ; 3. Calculer p. 4	2 él. 2
C4 – Identifier un bras de levier	2. Choisir la distance	3 él. 3
C2 – Appliquer la condition d'équilibre	4. Inventorier et signer les moments	5 él. 5
C3 – Exploiter les moments dans un dispositif	5. Résoudre un problème	7 él. 7
C5 – Repérer G et prévoir un basculement	6. Centre de gravité ; 7. Basculement p. 9	8 él. 8
Bilan – Choisir la méthode et contrôler	Synthèse de la partie 7	10 él. 10

« él. » : page du cours élève de cette même édition.

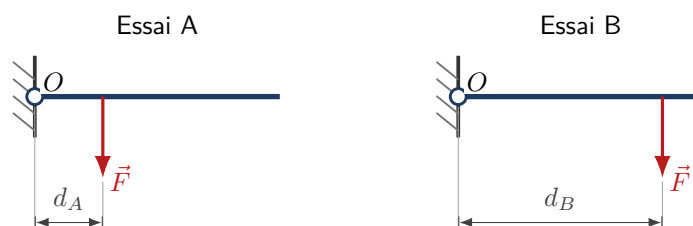
Méthode — Mode d'emploi

Lire la notion et l'exemple résolu, puis chercher l'application avant de passer à la notion suivante. Le travail peut être accompagné en classe ou repris seul. Les corrections suivent les applications dans cette version.

Les situations sont des modèles pédagogiques. Les expériences de rotation, de suspension et de basculement se réalisent avec le professeur, sur des objets simples. Les applications sur données fournies ne les remplacent pas.

1. Pourquoi pousser loin des charnières ?

Une porte peut tourner autour de l'axe vertical de ses charnières. Une poussée près de cet axe et la même poussée près de la poignée n'ont pas le même effet de rotation.



Même porte vue de dessus : le mur hachuré et la charnière en O sont fixes, la porte tourne autour de O . La même force horizontale, perpendiculaire à la porte, est appliquée à la distance d_A dans l'essai A et d_B dans l'essai B. Schéma sans échelle.

Définition — Force et moment

Une force est une action mécanique. Son **moment par rapport à un axe** mesure son effet de rotation autour de cet axe. Cet effet dépend de l'intensité de la force, de son point d'application et de sa direction.

Application 1 – C1

À force identique, lequel des deux essais favorise le plus la rotation ? Expliquer sans calcul.

Correction — Application 1

L'essai B favorise davantage la rotation : la force a la même intensité mais agit plus loin de l'axe, perpendiculairement à la porte. Son bras de levier est plus grand.

Remarque

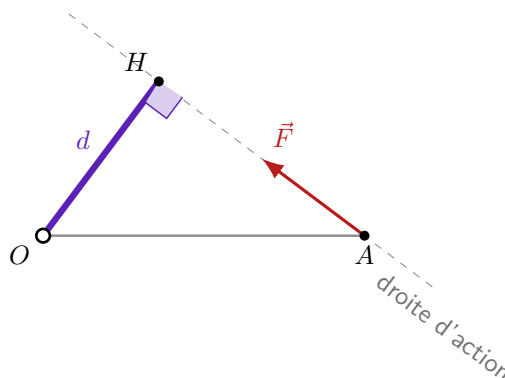
Les activités 1 et 2 permettent d'étudier cet effet par simulation puis par manipulation. Une simulation illustre un modèle ; elle ne remplace pas toutes les expériences du chapitre.

2. Identifier le bras de levier

C4 – Identifier un bras de levier

Définition

Dans le plan perpendiculaire à l'axe de rotation, le **bras de levier** d est la distance perpendiculaire entre O , qui repère l'axe, et la droite d'action de la force. Cette droite passe par le point d'application et suit la direction de la force.



Vue dans le plan perpendiculaire à l'axe. La force s'applique en A ; la droite en pointillés est sa droite d'action. Le bras de levier est le segment violet OH , seule distance perpendiculaire à cette droite depuis l'axe O : c'est lui qui vaut d dans $M = F \times d$. Les segments OA et HA ne sont pas le bras. Schéma sans échelle.

Méthode — Choisir la bonne distance

1. Repérer O et le point d'application A .
2. Prolonger la flèche pour tracer sa droite d'action.
3. Tracer depuis O la perpendiculaire à cette droite. Son pied est H .
4. Utiliser $d = OH$. Si la force est perpendiculaire à OA , alors $d = OA$.

Exemple

Une force horizontale pousse perpendiculairement une porte vue de dessus. La poignée est à 80 cm des charnières : le bras vaut 0,80 m. Pour une force oblique, cette longueur n'est plus automatiquement le bras de levier.

Application 2 – C4

Sur le schéma, expliquer pourquoi HA et OA ne représentent pas le bras de levier.

Correction — Application 2

HA est sur la droite d'action, et non perpendiculaire à elle. OA rejoint le point d'application mais n'est pas perpendiculaire à la force. Le segment perpendiculaire est OH : $d = OH$.

Erreur fréquente

Prendre systématiquement la longueur de l'outil est incorrect. Si la droite d'action passe par O , la distance perpendiculaire est nulle, même si le point A est éloigné.

3. Calculer le moment d'une force

C1 – Comprendre et calculer la valeur du moment d'une force

Définition

Pour une force située dans le plan perpendiculaire à l'axe, la **valeur** du moment est :

$$M = F \times d$$

F en newtons (N), d en mètres (m), M en newton-mètre (N m). Cette valeur est positive ou nulle. Le signe sera introduit à la page suivante.

Méthode

Repérer le bras de levier, convertir sa valeur en mètres, écrire la relation, remplacer les lettres par les valeurs et conclure avec l'unité.

Exemple — Une clé

La main exerce 50 N perpendiculairement à une clé, à 30 cm de l'axe. On convertit : $d = 0,30$ m. Puis :

$$M = 50 \times 0,30 = 15 \text{ N m.}$$

Doubler la force à bras constant double le moment. Doubler le bras à force constante double aussi le moment.

Application 3 – C1

Une force de 40 N agit avec un bras de 25 cm. Calculer la valeur de son moment.

Correction — Application 3

$d = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$. Ainsi $M = 40 \times 0,25 = 10 \text{ N m}$.

Méthode — Trouver une autre grandeur

Si $d \neq 0$, $F = M/d$. Si $F \neq 0$, $d = M/F$. On isole l'inconnue avant de calculer.

Application 4 – C1

On veut un moment de 12 N m avec un bras de 0,30 m. Quelle intensité de force faut-il ?

Correction — Application 4

$F = M/d = 12/0,30 = 40 \text{ N}$. Vérification : $40 \times 0,30 = 12 \text{ N m}$.

Erreur fréquente

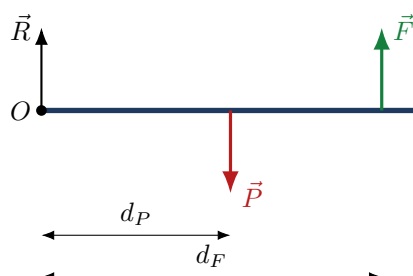
25 cm vaut 0,25 m, pas 25 m. Le moment s'exprime en N m ; il ne s'agit ni d'une force en N ni d'une énergie à nommer en joules.

4. Inventorier les moments et étudier l'équilibre

C2 – Appliquer la condition d'équilibre

Définition — Une convention de signe

Dans la vue choisie, on compte positivement un effet antihoraire et négativement un effet horaire. Le moment signé vaut donc $+Fd$, $-Fd$ ou zéro.



Abattant horizontal vu de côté : poids vers le bas, maintien vers le haut, réaction au pivot. Les flèches indiquent les directions et les sens, sans échelle d'intensité.

Exemple — Trois actions sur un abattant

Sur ce modèle, $P = 80 \text{ N}$, $d_P = 0,40 \text{ m}$, $d_F = 0,70 \text{ m}$. Le pivot idéal exerce R , dont la droite d'action passe par O : son moment est nul. Le poids ferme l'abattant (horaire), le maintien le relève.

$$M_P = -80 \times 0,40 = -32 \text{ N m}, \quad M_F = +F \times 0,70, \quad M_R = 0.$$

Pour l'équilibre : $F \times 0,70 - 32 + 0 = 0$, donc $F = 32/0,70 \approx 45,7 \text{ N}$.

À retenir

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

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

Quand deux moments non nuls sont opposés, leurs valeurs sont égales : $F_1 d_1 = F_2 d_2$. Une somme de moments nulle ne signifie pas que chaque moment est nul. Le pivot peut empêcher la translation.

Application 5 – C2

1. Deux moments valent $+6 \text{ N m}$ et -6 N m ; le moment de la réaction est nul. Vérifier la condition d'équilibre.
2. Étudier maintenant un autre abattant horizontal, initialement immobile, libre de tourner autour d'un pivot idéal O. Dans la vue de côté, il s'étend à droite de O. Il subit seulement son poids vertical vers le bas, la force de maintien verticale vers le haut et l'action du pivot. Inventorier ces trois forces et préciser pour chacune le sens de rotation qu'elle tend à produire.

Action	Intensité	Bras de levier
Poids	60 N	0,20 m
Maintien	20 N	0,60 m
Pivot idéal en O	Non nécessaire au calcul	0 m

3. Compter positivement le sens antihoraire. Calculer les trois moments signés, leur somme et conclure sur l'équilibre de rotation dans ce modèle.

Correction — Application 5

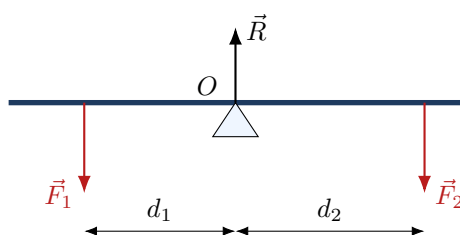
1. $+6 - 6 + 0 = 0$: la condition sur les moments est vérifiée. Les deux effets non nuls se compensent.
2. Sur l'abattant : le poids est l'action de la Terre, le maintien est l'action du dispositif de soutien, et la réaction est l'action du pivot. À droite de O, le poids vers le bas tend à faire tourner dans le sens horaire ; le maintien vers le haut, dans le sens antihoraire. Le pivot n'a pas d'effet de rotation autour de O : sa droite d'action passe par O.
3. $M_P = -60 \times 0,20 = -12 \text{ N m}$; $M_F = +20 \times 0,60 = +12 \text{ N m}$; $M_R = 0$. La somme $-12 + 12 + 0 = 0$ est nulle. La condition d'équilibre de rotation est satisfaite et l'abattant initialement immobile reste en équilibre dans le modèle donné.

5. Utiliser les moments dans un dispositif

C3 – Exploiter les moments dans un dispositif

Méthode — Résoudre un problème

1. Définir le solide étudié et son axe ; inventorier les actions extérieures.
2. Repérer les bras, les moments nuls et les sens de rotation.
3. Convertir puis écrire la somme des moments signés égale à zéro.
4. Résoudre, vérifier l'unité et interpréter le résultat dans le modèle.



Levier étudié : action de la pièce à gauche (F_1), action de la main à droite (F_2), réaction du pivot R. Le poids de la barre est négligé. Schéma sans échelle.

Exemple — Le principe du levier

Une charge exerce 120 N à gauche avec un bras de 0,20 m. La force à droite a un bras de 0,60 m. Le levier est horizontal, de poids négligé, et le pivot est idéal.

$$120 \times 0,20 - F \times 0,60 = 0 \quad \Rightarrow \quad F = 40 \text{ N.}$$

La force trois fois plus petite agit trois fois plus loin. À l'équilibre le levier reste immobile ; pour amorcer le soulèvement à gauche, le moment de la force à droite doit devenir supérieur.

Application 6 – C3

Une résistance de 600 N agit à 0,08 m du pivot. Une force opposée en moment agit à 0,60 m. Calculer cette force à l'équilibre.

Correction — Application 6

$600 \times 0,08 - F \times 0,60 = 0$. D'où $F = 48/0,60 = 80 \text{ N}$. Le grand bras permet d'équilibrer la résistance avec une force plus faible.

Remarque — Serrage et axe vertical

Le « couple de serrage » est le nom usuel du moment appliqué à une vis. Le poids d'une porte à charnières **verticales** ne produit pas de moment d'ouverture autour de cet axe, car il est parallèle à l'axe. Sur un abattant à axe horizontal, le poids peut en revanche produire un moment.

6. Déterminer le centre de gravité

C5 – Repérer G et prévoir un basculement

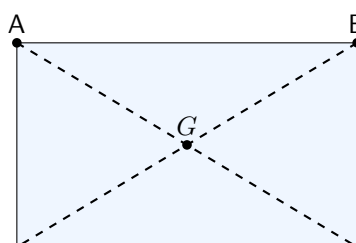
Définition

Le centre de gravité G est le point d'application de la résultante des forces de pesanteur : le poids. Sa droite d'action est verticale et son sens est vers le bas. On rappelle $P = mg$.

Pour une plaque **homogène et d'épaisseur constante**, G est au centre du rectangle ou du disque. Pour un triangle, G se trouve à l'intersection des médianes. Ces constructions ne s'appliquent pas automatiquement à une plaque chargée de manière inégale.

Méthode — Deux suspensions

1. Suspendre une plaque librement en un point A. Attendre son immobilité.
2. Tracer **sur la plaque** la verticale du fil à plomb passant par A.
3. Recommencer avec un autre point B : la plaque prend une autre orientation.
4. L'intersection des deux traces situe G. Une troisième suspension permet de contrôler le résultat.



Plaque remise à plat après les deux suspensions

Exemple d'une plaque rectangulaire homogène. Les deux traits sont les traces laissées par le fil à plomb lors des suspensions en A puis B. Leur intersection repère G.

Exemple

Un plateau rectangulaire homogène de 1,20 m sur 0,60 m a son centre de gravité à 0,60 m des côtés courts et à 0,30 m des côtés longs.

Application 7 – C5

Une plaque rectangulaire homogène, d'épaisseur constante, mesure 60 cm sur 40 cm. Décrire la construction de G et donner ses distances à deux côtés voisins.

Correction — Application 7

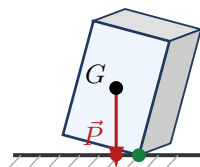
Tracer les diagonales et placer G à leur intersection : il est à 30 cm de chacun des côtés courts et à 20 cm de chacun des côtés longs.

7. Prévoir et observer un basculement

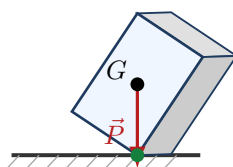
C5 – Repérer G et prévoir un basculement

Définition — Base de sustentation

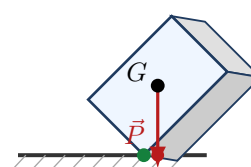
La base de sustentation est la zone délimitée par les points d'appui. Sous l'action du poids et des contacts, sur support horizontal et sans glissement, la position de la verticale de G permet d'étudier le basculement.



Cas A – 15°
revient en place



Cas B – $33,7^\circ$
limite



Cas C – 45°
bascule

Même boîte, dont la base vaut les deux tiers de sa hauteur, inclinée vers la droite autour de son arête d'appui, marquée en vert. Le point rouge marque l'endroit où la verticale du poids rencontre le sol. Cas A : ce point reste à gauche de l'arête, le poids ramène la boîte. Cas B : il tombe exactement sur l'arête, le poids n'a plus de bras de levier, c'est la limite. Cas C : il passe à droite de l'arête, le poids fait basculer la boîte. Angles calculés à partir des proportions de la boîte ; longueurs sans échelle.

À retenir

- Verticale de G à l'intérieur de la base : le poids ne fait pas poursuivre le basculement autour du bord considéré.
- Verticale exactement sur le bord : limite de basculement, moment du poids nul autour de ce bord.
- Verticale au-delà : le poids fait poursuivre le basculement.

Avec une poussée extérieure ou un support accéléré, il faut aussi étudier ces actions. La position de G seule ne suffit plus.

Application 8 – C5

Associer les trois cas du schéma à « intérieur », « limite » et « au-delà ». Expliquer le rôle du poids dans le dernier cas.

Correction — Application 8

A : intérieur ; B : limite ; C : au-delà. Dans C, le poids exerce un moment qui fait poursuivre la rotation autour du bord droit d'appui.

Exemple — Une maquette de meuble

Pour une même base, abaisser G augmente l'inclinaison nécessaire avant que sa verticale dépasse le bord. À hauteur de G identique, élargir la base a le même effet. On peut le comparer avec une petite boîte rectangulaire sur deux faces différentes (activité 4).

Erreur fréquente

« Objet haut » ne signifie pas « objet déjà en train de basculer ». Il faut regarder la verticale de G et les appuis dans la position étudiée. Nos maquettes expliquent un principe ; elles ne dimensionnent pas la fixation d'un meuble réel.

Bilan – Je sais faire

Rappel de cours — Bilan du chapitre

$M = Fd$ mesure l'effet d'une force ; les moments signés se compensent à l'équilibre. Le poids passe par G. Sa verticale par rapport aux appuis permet d'interpréter le basculement dans le modèle étudié.

- **Choisir** : je repère le solide, l'axe et toutes les actions extérieures.
- **Calculer** : je mesure le bras perpendiculaire, convertis en mètres, attribue le signe puis calcule Fd en N m.
- **Vérifier** : je conserve les moments nuls dans l'inventaire et contrôle si la somme est nulle pour l'équilibre de rotation.
- **Conclure** : je situe la verticale de G par rapport aux appuis et précise les limites du modèle ; une maquette ne valide pas un meuble réel.