

### Objectifs du chapitre

- Définir le moment d'une force par rapport à un axe de rotation
- Calculer un moment :  $M = F \times d$  (bras de levier)
- Énoncer et appliquer la condition d'équilibre en rotation : somme des moments = 0
- Déterminer le centre de gravité d'un solide et étudier les conditions de basculement

### Situation professionnelle — Un bras de levage à l'atelier

Un menuisier agenceur soulève un grand panneau de bois à l'aide d'un **bras de levage pivotant** fixé au mur. Pour dimensionner ce système et le maintenir à l'équilibre, il doit calculer les **moments** des forces par rapport au point de pivotement. *Nous résoudrons ce problème à la fin du chapitre (§5).*

## 1. Situation professionnelle

### Contexte : Levage d'un panneau de bois en atelier

Un menuisier agenceur doit soulever un grand panneau de contreplaqué (2,50 m × 1,25 m) à l'aide d'un bras de levage pivotant fixé au mur de l'atelier. Le panneau pèse 45 kg. Le bras mesure 2 m et pivote autour de son point de fixation. Pour dimensionner correctement ce système, il faut comprendre la notion de **moment d'une force** et les conditions d'équilibre.

Dans les métiers de la menuiserie et de l'agencement, la notion d'équilibre en rotation intervient dans de nombreuses situations :

- **Charnières de meuble** : une porte d'armoire pivote autour de ses charnières — son poids crée un moment qui tend à l'ouvrir ou la fermer

- **Portes battantes** : plus on pousse loin de la charnière, plus c'est facile — c'est l'effet du bras de levier
- **Établis basculants** : un établi mal chargé peut basculer si le centre de gravité sort de la zone d'appui
- **Étagères murales** : le poids des objets crée un moment par rapport aux fixations

## 2. Forces et rotation

### 2.1. Rappel : qu'est-ce qu'une force ?

**DÉFINITION** Une **force** est une action mécanique capable de mettre en mouvement un objet, de le déformer ou de modifier sa trajectoire. Elle se caractérise par :

- un **point d'application** (là où elle s'exerce)
- une **direction** (droite d'action)
- un **sens** (vers le haut, le bas...)
- une **intensité** (valeur en newton, N)

### 2.2. Effet d'une force sur la rotation

Quand un solide peut tourner autour d'un **axe fixe** (charnière, pivot, point de fixation), une force appliquée sur ce solide peut provoquer une **rotation**.

#### Exemple : Porte d'armoire

Une porte d'armoire pivote autour de ses charnières (axe fixe). Si on pousse la porte **loin des charnières** (au niveau de la poignée), elle tourne facilement. Si on pousse **près des charnières**, il faut exercer une force beaucoup plus grande pour le même effet.

Ce constat montre que l'effet de rotation ne dépend pas seulement de l'intensité de la force, mais aussi de la **distance** entre le point d'application de la force et l'axe de rotation.

### 3. Moment d'une force par rapport à un axe

#### 3.1. Définition

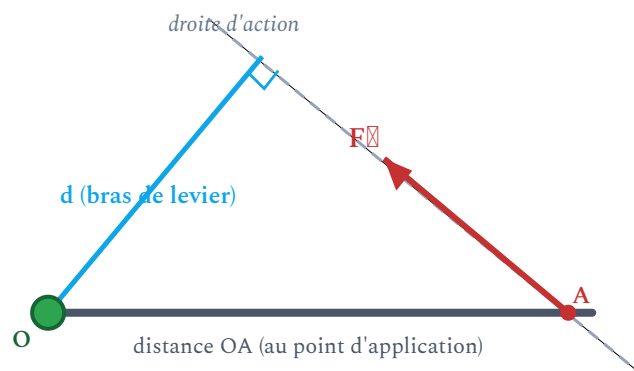
**DÉFINITION** Le **moment d'une force**  $\vec{F}$  par rapport à un axe de rotation  $\Delta$  mesure l'aptitude de cette force à faire tourner le solide autour de cet axe.

#### 3.2. Bras de levier

**DÉFINITION** Le **bras de levier**  $d$  est la distance perpendiculaire entre l'axe de rotation et la droite d'action de la force. C'est la plus courte distance entre l'axe et la ligne sur laquelle s'exerce la force.



Lorsque la force est **oblique** (pas perpendiculaire au bras), il ne faut pas prendre la distance jusqu'au point d'application, mais bien la **distance perpendiculaire** à la droite d'action :



La distance  $d$  (bleue, perpendiculaire à la droite d'action) est le **vrai** bras de levier : il est plus court que la distance  $OA$  jusqu'au point d'application.

### 3.3. Formule du moment

#### Moment d'une force

$$M_{\Delta}(\vec{F}) = F \times d$$

- $M_{\Delta}(\vec{F})$  : moment de la force par rapport à l'axe  $\Delta$ , en **newton-mètre (N·m)**
- $F$  : intensité de la force, en **newton (N)**
- $d$  : bras de levier (distance perpendiculaire), en **mètre (m)**

#### ATTENTION

- Le bras de levier  $d$  doit toujours être mesuré **perpendiculairement** à la droite d'action de la force
- Si la droite d'action passe par l'axe de rotation, alors  $d = 0$  et le moment est nul : la force ne fait pas tourner le solide
- Ne pas confondre la distance entre l'axe et le point d'application avec le bras de levier (ce n'est pas la même chose, sauf si la force est perpendiculaire au bras)

#### APPLICATION

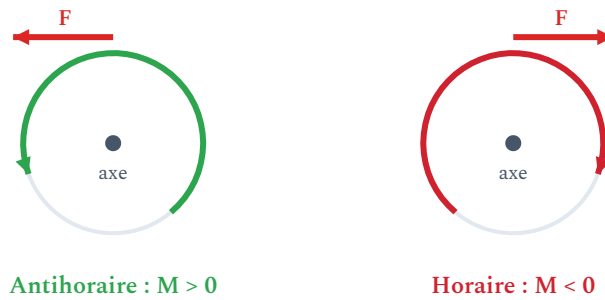
Un ébéniste utilise une clé à molette de 30 cm pour serrer un boulon. Il exerce une force de 50 N perpendiculairement à la clé. Calculer le moment de la force par rapport à l'axe du boulon.

### 3.4. Sens de rotation et signe du moment

Par convention :

- Un moment est **positif** si la force tend à faire tourner le solide dans le **sens antihoraire** (sens inverse des aiguilles d'une montre)

- Un moment est **négatif** si la force tend à faire tourner le solide dans le **sens horaire** (sens des aiguilles d'une montre)



Selon le sens dans lequel la force fait tourner le solide, le moment est compté **positif** (antihoraire) ou **négatif** (horaire).

#### Exemple : Clé de serrage

Un technicien d'agencement serre un boulon avec une clé de 25 cm. Il exerce une force de 40 N perpendiculaire à la clé.

$$M = F \times d = 40 \times 0,25 = 10 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Le moment vaut 10 N·m. C'est le couple de serrage.

### 3.5. Cas particuliers

#### PROPRIÉTÉ

- Si la force est **perpendiculaire** au segment reliant l'axe au point d'application, alors le bras de levier est maximal :  $d$  est la longueur de ce segment
- Si la force **passe par l'axe** de rotation, alors  $d = 0$  et  $M = 0$  : pas de rotation
- Si la force est **parallèle** à l'axe de rotation, elle ne fait pas tourner le solide

## 4. Condition d'équilibre en rotation

### 4.1. Théorème des moments

**DÉFINITION** Un solide mobile autour d'un axe fixe est en **équilibre de rotation** lorsqu'il ne tourne pas. Il reste immobile dans la position où il se trouve.

#### Condition d'équilibre en rotation

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

La somme algébrique des moments de toutes les forces par rapport à l'axe de rotation est nulle.

Autrement dit : la somme des moments qui font tourner dans un sens est égale à la somme des moments qui font tourner dans l'autre sens.

#### QUELLE MÉTHODE UTILISER ?

- **Avec seulement deux forces** (un moment dans chaque sens), on écrit directement l'égalité :  $M_1 = M_2$ , soit  $F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$ .
- **Avec trois forces ou plus**, on revient à la méthode générale  $\sum M_{\Delta} = 0$  en affectant à chaque moment son signe (+ antihoraire / - horaire).

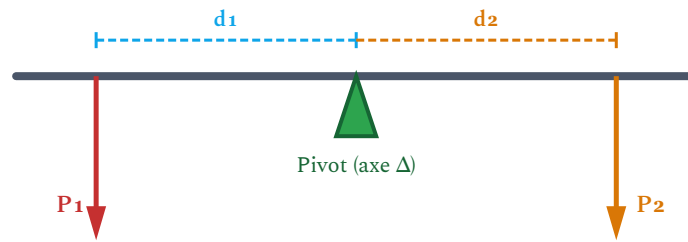
#### À retenir

Pour qu'un solide soit en équilibre autour d'un axe fixe :

Moments horaires = Moments antihoraires

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$$

## 4.2. Application : la balance



À l'équilibre :  $P_1 \times d_1 = P_2 \times d_2$

### Exemple : Étagère chargée

Un menuisier vérifie l'équilibre d'une étagère de 1,20 m fixée au mur par un pivot. Une charge de 80 N est posée à 0,90 m du mur. Un câble de rappel exerce une force de 120 N à 0,60 m du mur, perpendiculairement à l'étagère.

Vérification de l'équilibre :

Moment de la charge (horaire) :  $M_1 = 80 \times 0,90 = 72 \text{ N}\cdot\text{m}$

Moment du câble (antihoraire) :  $M_2 = 120 \times 0,60 = 72 \text{ N}\cdot\text{m}$

$M_1 = M_2 = 72 \text{ N}\cdot\text{m} \rightarrow$  L'étagère est en équilibre.

## 5. Méthode de résolution

### APPLICATION

Un poseur de cuisines soulève un plan de travail de 120 N à l'aide d'un levier. La charge est à 0,80 m du pivot. Il exerce sa force à 1,60 m du même pivot. Quelle force doit-il exercer pour maintenir l'équilibre ?

## MÉTHODE

### Résoudre un problème d'équilibre en rotation

1. **Identifier** l'axe de rotation (pivot, charnière...)
2. **Repérer** toutes les forces qui s'exercent sur le solide
3. **Calculer** le bras de levier de chaque force (distance perpendiculaire à l'axe)
4. **Calculer** le moment de chaque force :  $M = F \times d$
5. **Attribuer** un signe (+ ou -) selon le sens de rotation
6. **Écrire** la condition d'équilibre :  $\sum M = 0$
7. **Résoudre** l'équation pour trouver l'inconnue

### Retour à la situation — le bras de levage

Reprenons le panneau de 45 kg suspendu à l'extrémité du bras de levage (2,0 m du pivot). Un vérin pousse le bras perpendiculairement, à 0,50 m du pivot, pour le maintenir horizontal.

Poids du panneau :  $P = m \times g = 45 \times 9,8 = 441 \text{ N}$ .

Équilibre des moments par rapport au pivot :

$$F_{\text{vérin}} \times 0,50 = 441 \times 2,0$$

$$F_{\text{vérin}} = \frac{882}{0,50} = 1\,764 \text{ N}$$

Le vérin doit pousser avec près de 1 764 N : agir près du pivot (petit bras de levier) exige une force bien supérieure au poids. Pour réduire l'effort, il faut éloigner le point de poussée du pivot.

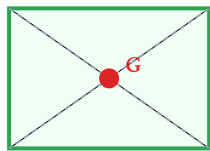
## 6. Centre de gravité

### 6.1. Définition

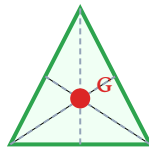
**DÉFINITION** Le **centre de gravité** (noté  $G$ ) d'un solide est le point d'application de la résultante des forces de pesanteur. C'est le point où l'on peut considérer que tout le poids du solide est concentré.

Pour des formes simples et homogènes :

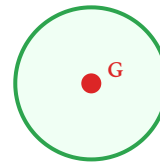
- **Rectangle** :  $G$  est au centre (intersection des diagonales)
- **Triangle** :  $G$  est au point d'intersection des médianes (à  $1/3$  de la base)
- **Cercle/disque** :  $G$  est au centre du cercle



Rectangle  
croisement des diagonales



Triangle  
croisement des médianes

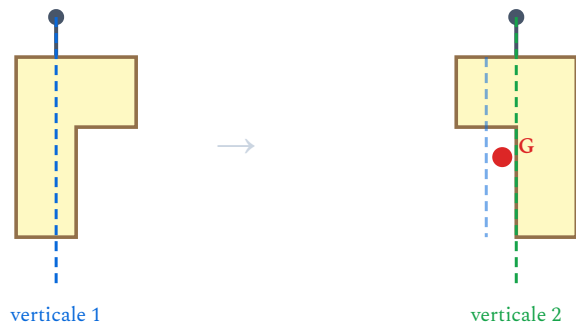


Disque  
centre du cercle

Pour une forme simple et homogène, le centre de gravité  $G$  se situe sur le **centre de symétrie** de la forme.

### 6.2. Détermination expérimentale

On peut trouver le centre de gravité d'un objet plat en le suspendant successivement par deux points différents. Le centre de gravité se trouve à l'intersection des deux verticales passant par les points de suspension.



En suspendant l'objet par deux points et en traçant à chaque fois la **verticale**, le centre de gravité  $G$  se trouve à leur **intersection**.

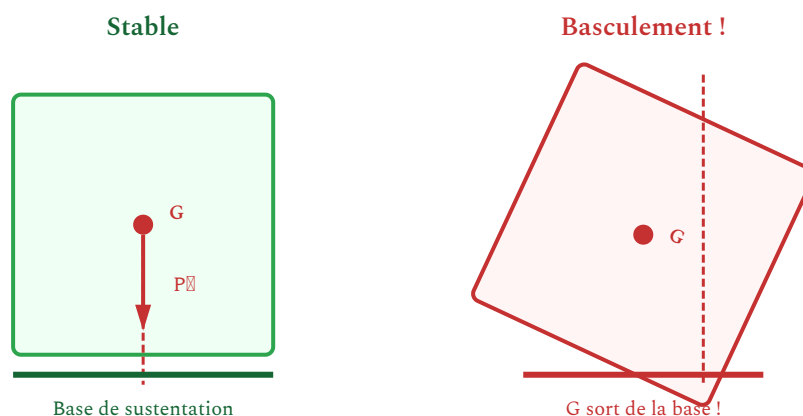
### Exemple professionnel

Un ébéniste fabrique un plateau de table en forme de L. Pour déterminer le centre de gravité de ce plateau (nécessaire pour positionner correctement le pied central), il suspend le plateau par un coin, trace la verticale, puis le suspend par un autre coin et trace une seconde verticale. Le centre de gravité est à l'intersection de ces deux droites.

## 7. Basculement

### 7.1. Condition de basculement

**PROPRIÉTÉ** Un solide posé sur un plan **bascule** lorsque la verticale passant par son centre de gravité  $G$  sort de la **base de sustentation** (surface d'appui au sol).



## À retenir

- Un solide est **stable** si la verticale passant par G tombe **à l'intérieur** de la base de sustentation
- Un solide **bascule** si la verticale passant par G tombe **à l'extérieur** de la base de sustentation
- Plus le centre de gravité est **bas** et la base de sustentation **large**, plus le solide est stable

## 7.2. Applications professionnelles

### Sécurité en atelier

- **Stockage de panneaux** : les panneaux de bois stockés verticalement doivent être calés pour éviter le basculement — leur centre de gravité est haut et leur base de sustentation est étroite (épaisseur du panneau)
- **Meubles hauts** : une bibliothèque haute et étroite doit être fixée au mur car un chargement en hauteur déplace le centre de gravité vers le haut et rend le meuble instable
- **Établi** : un établi de menuisier est conçu avec une base large et un centre de gravité bas pour une grande stabilité lors du travail

### Exemple : Armoire haute

Un poseur de cuisines installe une armoire haute de 2,20 m et 0,60 m de profondeur. Le centre de gravité à vide est à 1,10 m du sol. Si on charge les étagères du haut, le centre de gravité monte. Tant que la verticale passant par G reste dans les 0,60 m de profondeur de la base, l'armoire est stable. Si l'armoire est inclinée de sorte que G dépasse le bord de la base, elle bascule.

## 8. Résumé du chapitre

### Formules et résultats essentiels

Grandeur	Formule	Unités
Moment d'une force	$M = F \times d$	N·m
Condition d'équilibre	$\sum M_{\Delta} = 0$	—
Poids d'un objet	$P = m \times g$	N (avec $g \approx 9,8 \text{ N/kg}$ )

## 9. Erreurs fréquentes

### ✘ Confondre le bras de levier avec la distance axe-point d'application

Le bras de levier est toujours la distance *perpendiculaire* entre l'axe et la droite d'action de la force. Si la force est oblique, le bras de levier est différent de la longueur du bras.

*Conseil : tracer la droite d'action de la force et mesurer la distance perpendiculaire à l'axe.*

### ✘ Oublier de convertir les centimètres en mètres

Le bras de levier doit être en mètres pour que le moment soit en N·m. Un bras de 25 cm = 0,25 m, pas 25 m.

*Conseil : toujours convertir les longueurs en mètres avant de calculer le moment.*

### ✘ Ne pas tenir compte du sens de rotation dans le signe du moment

Un moment peut être positif (antihoraire) ou négatif (horaire). Pour appliquer la condition d'équilibre, il faut bien affecter le signe à chaque moment selon le sens de rotation qu'il induirait.

*Conseil : choisir une convention de signe (+ pour antihoraire) et la respecter dans tout le problème.*

### ✘ Oublier que la pièce bascule si la verticale par G sort de la base de sustentation

Un meuble haut peut sembler stable mais basculer si on le charge en hauteur ou si on l'incline légèrement.

*Conseil : pour vérifier la stabilité, repérer  $G$  et vérifier que sa verticale reste à l'intérieur de la base.*

Première Bac Pro ERA-MA – Groupement 3 | Physique-Chimie – Chapitre 6 | maths-  
sciences-pro.fr

**Simulation interactive**

**[Moments et équilibre en rotation](#)**

---

Socle

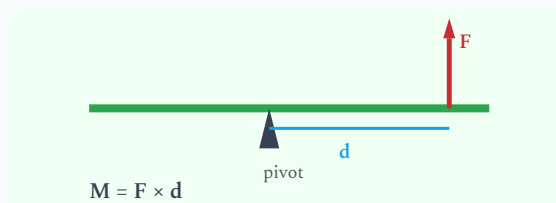
Standard

Approfondissement

Tout voir

 Objectifs du chapitre[cliquer pour développer](#)

## Rappels du cours



Une force  $F$  appliquée à la distance  $d$  (bras de levier) de l'axe crée un moment  $M = F \times d$ .

- **Moment d'une force** :  $M = F \times d$  (en  $\text{N}\cdot\text{m}$ )
- **Condition d'équilibre** :  $\sum M_{\Delta} = 0$ , soit  $F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$
- **Poids** :  $P = m \times g$  avec  $g = 9,8 \text{ N/kg}$
- **Basculement** : quand la verticale de G sort de la base de sustentation

## Exercices guidés pas à pas

### EXERCICE 1 Calculer un moment SOCLE

Un menuisier agenceur utilise une clé pour serrer un boulon. Il exerce une force  $F = 30 \text{ N}$  perpendiculaire à la clé, à une distance  $d = 0,20 \text{ m}$  de l'axe du boulon.

a) Quelle est la formule du moment ?

$$M = \dots \times \dots$$

b) Remplace par les valeurs numériques :

$$M = \dots \times \dots = \dots \text{ N}\cdot\text{m}$$

c) Si le menuisier utilise une clé plus longue ( $d = 0,40 \text{ m}$ ) avec la même force, le moment sera-t-il plus grand ou plus petit ? Calcule-le.

*Mes calculs :*

---

---

---

## EXERCICE 2 Équilibre d'une balançoire

SOCLE

Deux apprentis jouent sur une planche posée sur un rondin (pivot). La planche est en équilibre.

- Apprenti A : poids  $P_A = 600 \text{ N}$ , à  $d_A = 2 \text{ m}$  du pivot
- Apprenti B : poids  $P_B = ? \text{ N}$ , à  $d_B = 2,5 \text{ m}$  du pivot

a) Écris la condition d'équilibre :  $P_A \times d_A = \dots \times \dots$

b) Remplace les valeurs connues :  $600 \times 2 = P_B \times \dots$

c) Calcule  $P_B$  :  $P_B = \frac{\dots}{\dots} = \dots \text{ N}$

d) Déduis-en la masse de l'apprenti B :  $m_B = \frac{P_B}{g} = \dots \text{ kg}$

*Mes calculs :*

---

---

---

### EXERCICE 3 Porte d'armoire SOCLE

Une porte d'armoire de cuisine pèse 25 N. Son centre de gravité est à 0,30 m des charnières (axe de rotation). Un ressort de rappel exerce une force de 15 N à 0,50 m des charnières.

Complète le tableau :

Force	Intensité (N)	Bras de levier (m)	Moment (N·m)
Poids	25	0,30	...
Ressort	15	0,50	...

La porte est-elle en équilibre ? Justifie.

*Mes calculs :*

---

---

---

## Exercices d'application

### EXERCICE 4 Bras de levage en atelier STANDARD

Un bras de levage pivotant est fixé au mur d'un atelier de menuiserie. Il est utilisé pour soulever des panneaux de bois. Le bras a une longueur de 1,80 m.

Un panneau de masse  $m = 35$  kg est accroché à l'extrémité du bras.

Un contrepoids exerce une force verticale de 250 N à 0,90 m de l'axe de rotation.

- Calcule le poids du panneau.
- Calcule le moment du poids du panneau par rapport à l'axe.
- Calcule le moment du contrepoids par rapport à l'axe.
- Le bras est-il en équilibre ? Justifie.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

**EXERCICE 5** Charnière de meuble **STANDARD**

Une porte de placard de cuisine a une masse de 8 kg et une largeur de 0,50 m. Elle est articulée par deux charnières (axe vertical). Le centre de gravité de la porte se situe au milieu, soit à 0,25 m de l'axe des charnières.

On souhaite installer un vérin à gaz qui maintient la porte ouverte à l'horizontale. Le vérin s'accroche à 0,40 m de l'axe des charnières.

- a) Calcule le poids de la porte.
- b) Calcule le moment du poids par rapport à l'axe des charnières.
- c) Quelle force doit exercer le vérin pour maintenir la porte en équilibre horizontal ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

## EXERCICE 6 Stabilité d'une bibliothèque

STANDARD

Un aménageur d'intérieur installe une bibliothèque de hauteur 2,00 m, de profondeur 0,35 m et de masse 40 kg. Le centre de gravité à vide est situé à 1,00 m du sol et au milieu de la profondeur (0,175 m du bord avant).

On charge les étagères supérieures avec 30 kg de livres. Le nouveau centre de gravité de l'ensemble se situe à 1,40 m du sol et à 0,16 m du bord avant.

- La bibliothèque à vide est-elle stable ? Justifie en comparant la position de G avec la base de sustentation.
- La bibliothèque chargée est-elle encore stable ?
- À partir de quelle distance du bord avant le centre de gravité provoque-t-il un basculement ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

## Exercices d'approfondissement

### EXERCICE 7 Dimensionnement d'un bras de levage

APPROFONDISSEMENT

Un fabricant de meubles conçoit un bras de levage pivotant pour manipuler des plateaux de tables en bois massif. Le bras est horizontal et pivote autour d'un axe fixé au mur. On donne :

- Longueur du bras :  $L = 2,50$  m
- Masse du bras (répartie uniformément) :  $m_b = 15$  kg (centre de gravité à  $L/2$ )
- Masse maximale du plateau à soulever :  $m_p = 60$  kg (accroché à l'extrémité du bras)
- Un câble de rappel est fixé à une distance  $d_c$  de l'axe et forme un angle de  $90^\circ$  avec le bras

a) Calcule le moment total des charges (bras + plateau) par rapport à l'axe.

b) Le câble peut supporter une tension maximale de 800 N. À quelle distance minimale  $d_c$  de l'axe faut-il fixer le câble pour maintenir l'équilibre ?

c) Si le câble est fixé à 1,50 m de l'axe, quelle est la tension dans le câble à l'équilibre ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

---

---

**EXERCICE 8** Porte de garage basculante**APPROFONDISSEMENT**

Un technicien d'agencement étudie le mécanisme d'une porte de garage basculante. La porte, de dimensions  $3,00\text{ m} \times 2,50\text{ m}$ , a une masse de  $120\text{ kg}$ . Elle pivote autour d'un axe horizontal situé en haut de l'ouverture. Deux ressorts de torsion assistent l'ouverture.

- a) Calcule le poids de la porte.
- b) Quand la porte est verticale (fermée), le centre de gravité est à  $1,25\text{ m}$  sous l'axe. Quel est le moment du poids par rapport à l'axe ? La porte tend-elle à s'ouvrir ou se fermer ?
- c) Quand la porte est horizontale (ouverte), le centre de gravité est à  $1,50\text{ m}$  de l'axe. Quel moment chaque ressort doit-il fournir pour maintenir la porte en équilibre horizontal (on suppose 2 ressorts identiques) ?
- d) Le fabricant souhaite que la porte reste en équilibre dans n'importe quelle position. Explique pourquoi les ressorts sont indispensables et pourquoi un contrepoids simple ne suffirait pas.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

---

---

### EXERCICE 9 Équilibre d'une grue de chantier (type BTS)

APPROFONDISSEMENT

Lors de la construction d'un bâtiment, une grue à tour est utilisée pour lever des éléments de charpente en bois. La flèche de la grue (bras horizontal) mesure 30 m. La contre-flèche mesure 10 m et porte un contrepoids.

- Charge maximale à lever : 2 000 kg, à 25 m de l'axe
- Poids propre de la flèche : 8 000 N (centre de gravité à 15 m de l'axe)
- Poids propre de la contre-flèche : 3 000 N (centre de gravité à 5 m de l'axe)

a) Calcule le poids de la charge.

b) Calcule le moment total côté flèche (charge + poids propre de la flèche).

c) Calcule le moment du poids propre de la contre-flèche.

d) Détermine la masse minimale du contrepoids, placé à 8 m de l'axe sur la contre-flèche, pour assurer l'équilibre.

e) En pratique, on ajoute un coefficient de sécurité de 1,5. Quelle masse de contrepoids réelle faut-il prévoir ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

---

---

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

## SOCLE

## DS - Niveau Socle (durée : 30 min)

## Exercice 1 – Questions de cours (6 pts)

- a) Complète la phrase : Le moment d'une force se calcule avec la formule  $M = \dots \times \dots$  (1 pt)
- b) Quelle est l'unité du moment d'une force ? (1 pt)
- c) Qu'est-ce que le bras de levier ? Entoure la bonne réponse : (1 pt)
- A. La longueur de la force
  - B. La distance perpendiculaire entre l'axe de rotation et la droite d'action de la force
  - C. La masse de l'objet
- d) Un solide est en équilibre quand la somme des moments est égale à ... (1 pt)
- e) Un meuble bascule quand la verticale passant par le centre de gravité sort de la ... (1 pt)
- f) Pour augmenter la stabilité d'un meuble, faut-il abaisser ou élever son centre de gravité ? (1 pt)

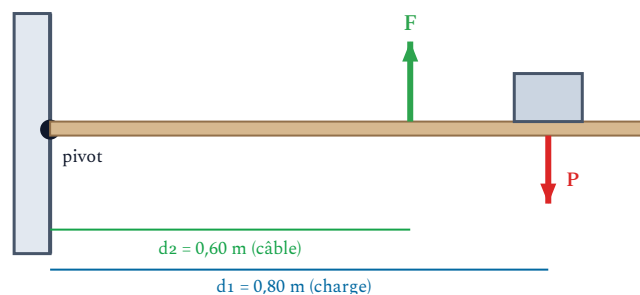
### Exercice 2 – Calcul de moment (6 pts)

Un poseur de cuisines serre une vis avec un tournevis à levier. Il exerce une force de  $F = 20 \text{ N}$  à une distance  $d = 0,15 \text{ m}$  de l'axe de la vis.

- Écris la formule du moment :  $M = \dots \times \dots$  (1 pt)
- Remplace par les valeurs :  $M = \dots \times \dots = \dots \text{ N}\cdot\text{m}$  (2 pts)
- Si la force passe à  $40 \text{ N}$  (on double la force), recalcule le moment. (2 pts)
- Quand on double la force, le moment est-il doublé ? (1 pt)

### Exercice 3 – Équilibre (8 pts)

Une étagère de  $1,00 \text{ m}$  est fixée au mur par un pivot. Une charge de poids  $P = 60 \text{ N}$  est posée à  $d_1 = 0,80 \text{ m}$  du mur. Un câble exerce une force verticale  $F$  à  $d_2 = 0,60 \text{ m}$  du mur.



- Calcule le moment du poids :  $M_P = P \times d_1 = \dots \text{ N}\cdot\text{m}$  (2 pts)
- Écris la condition d'équilibre :  $M_P = \dots$  (2 pts)
- Calcule la force  $F$  du câble :  $F = \frac{M_P}{d_2} = \frac{\dots}{\dots} = \dots \text{ N}$  (4 pts)

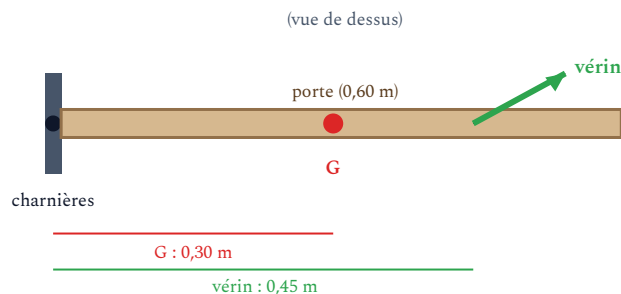
## DS - Niveau Standard (durée : 45 min)

### Exercice 1 – Questions de cours (5 pts)

- Définir le moment d'une force par rapport à un axe de rotation. (2 pts)
- Énoncer la condition d'équilibre d'un solide en rotation. (1 pt)
- Dans quels cas le moment d'une force est-il nul ? (2 pts)

### Exercice 2 – Porte de placard (7 pts)

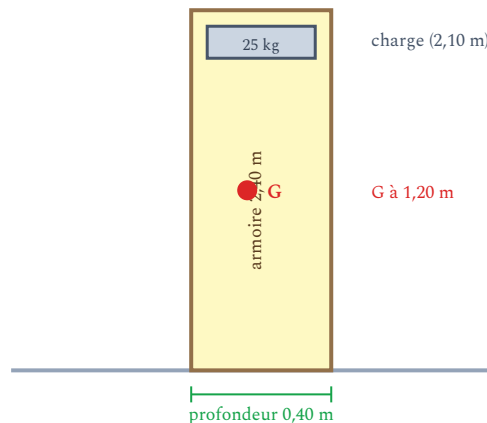
Un menuisier agenceur installe une porte de placard de masse 12 kg et de largeur 0,60 m. La porte est articulée par des charnières (axe vertical). Le centre de gravité est situé à 0,30 m de l'axe des charnières. Un vérin à gaz est fixé à 0,45 m de l'axe.



- Calcule le poids de la porte. (1 pt)
- Calcule le moment du poids par rapport à l'axe des charnières. (2 pts)
- Quelle force minimale le vérin doit-il exercer pour maintenir la porte ouverte à l'horizontale ? (2 pts)
- Si le vérin peut exercer au maximum 90 N, la porte restera-t-elle ouverte ? Justifie. (2 pts)

### Exercice 3 – Stabilité d'un meuble (8 pts)

Un installateur d'agencement pose une armoire haute : hauteur 2,40 m, profondeur 0,40 m, masse 55 kg. Le centre de gravité à vide est à 1,20 m du sol et à 0,20 m du bord avant. On charge l'étagère du haut (à 2,10 m du sol) avec 25 kg d'objets.



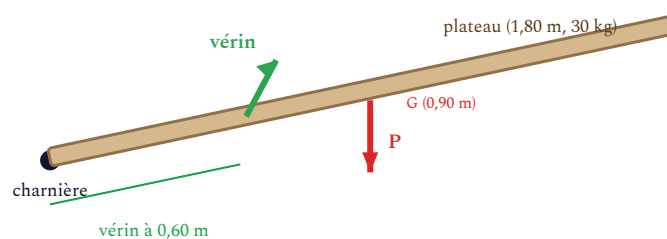
- L'armoire à vide est-elle stable ? Justifie. (2 pts)
- Calcule la position du centre de gravité de l'ensemble (armoire + charge) par rapport au bord avant. Utilise :  $x_G = \frac{m_1x_1 + m_2x_2}{m_1 + m_2}$  avec  $x_2 = 0,20$  m pour la charge. (4 pts)
- L'ensemble est-il stable ? Propose une solution si nécessaire. (2 pts)

APPROFONDISSEMENT

## DS - Niveau Approfondissement (durée : 55 min)

### Exercice 1 - Système de levage d'un établi (8 pts)

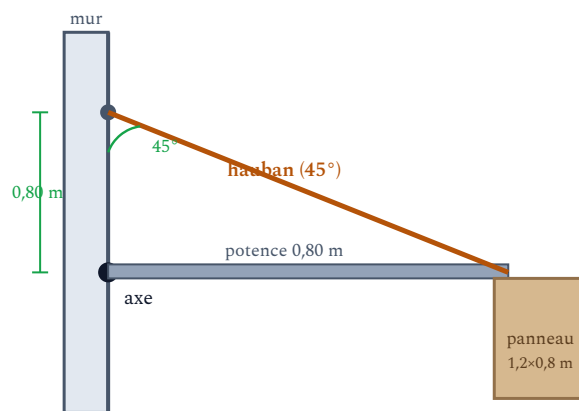
Un artisan menuisier utilise un établi à plateau relevable. Le plateau (masse 30 kg, longueur 1,80 m) pivote autour d'une charnière située à une extrémité. Un vérin pneumatique est fixé à 0,60 m de la charnière et exerce une force perpendiculaire au plateau.



- Calcule le poids du plateau et son moment par rapport à la charnière (le centre de gravité du plateau est au milieu). (2 pts)
- Calcule la force nécessaire du vérin pour maintenir le plateau horizontal. (2 pts)
- On pose une pièce de bois de 15 kg à l'extrémité libre du plateau. Calcule la nouvelle force nécessaire du vérin. (2 pts)
- Si le vérin ne peut fournir que 600 N, à quelle distance minimale de la charnière faut-il le fixer pour supporter le plateau chargé ? (2 pts)

## Exercice 2 – Problème ouvert : Conception d'une enseigne (12 pts)

Un technicien d'agencement conçoit une enseigne en bois à fixer en drapeau sur la façade d'un magasin. L'enseigne est un panneau rectangulaire de  $1,20\text{ m} \times 0,80\text{ m}$ , en chêne massif (masse volumique du chêne :  $750\text{ kg/m}^3$ , épaisseur du panneau :  $30\text{ mm}$ ). Le panneau est fixé au mur par une potence horizontale en acier de  $0,80\text{ m}$ , elle-même fixée au mur par un axe de rotation et un hauban (câble en acier) incliné à  $45^\circ$  par rapport au mur.



- Calcule la masse du panneau en bois. (2 pts)
- Le panneau est accroché au bout de la potence (à  $0,80\text{ m}$  du mur). La potence elle-même a une masse de  $5\text{ kg}$  (centre de gravité à  $0,40\text{ m}$  du mur). Calcule le moment total de l'ensemble par rapport à l'axe de fixation au mur. (3 pts)
- Le hauban est fixé au mur à  $0,80\text{ m}$  au-dessus de l'axe de rotation et à l'extrémité de la potence. Calcule le bras de levier de la tension du hauban par rapport à l'axe de rotation. (3 pts)
- Détermine la tension dans le hauban à l'équilibre. (2 pts)
- Le hauban peut supporter une tension de  $500\text{ N}$ . Y a-t-il un risque de rupture ? (2 pts)