

Objectifs du chapitre

- Comprendre l'effet d'une force sur la rotation d'un objet autour d'un axe fixe
- Calculer le moment d'une force par rapport à un axe : $M = F \times d$
- Faire l'inventaire des moments sur un système
- Appliquer la condition d'équilibre : somme des moments = 0
- Comprendre la notion de centre de gravité et les conditions de basculement
- Utiliser le principe du bras de levier

Technicien : Lucas, technicien chauffagiste en 1^{re} année de Bac Pro

Entreprise : ThermoLev SARL — installation et levage de matériel de chauffage

Mission : Lucas doit installer un radiateur en fonte de 80 kg au 2^e étage d'un immeuble en rénovation. Il utilise une grue de chantier à bras pivotant pour lever la charge.

Données : Le bras de la grue mesure 6 m. La charge est accrochée à l'extrémité du bras. Un contrepoids de 200 kg est placé à 2 m de l'autre côté de l'axe de rotation.

Questions de Lucas :

1. La grue va-t-elle basculer sous le poids du radiateur ?
2. Comment vérifier que la grue est en équilibre ?
3. Quel contrepoids faut-il pour équilibrer la charge ?
4. Que se passe-t-il si le radiateur est accroché plus loin sur le bras ?

Ces questions trouveront une réponse complète au fil de ce chapitre.

1. Effet d'une force sur la rotation

DÉFINITION

Lorsqu'une force est appliquée sur un objet pouvant tourner autour d'un **axe fixe**, elle peut provoquer une **rotation** de cet objet. L'effet de rotation dépend de deux facteurs :

- L'**intensité de la force** F (en N)
- La **distance** d entre la droite d'action de la force et l'axe de rotation (en m)

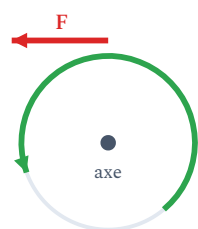
EXEMPLES

- Ouvrir une **porte** : on pousse loin de la charnière (axe) pour que la porte tourne facilement. Plus on pousse loin de l'axe, moins il faut de force.
- Dévisser un **écrou** avec une clé : plus la clé est longue, moins il faut de force.
- Une **balançoire** : un enfant lourd s'assoit près du centre, un enfant léger s'assoit loin du centre pour équilibrer.
- Le bras d'une **grue de chantier** : la charge et le contrepoids créent des effets de rotation opposés autour de l'axe.

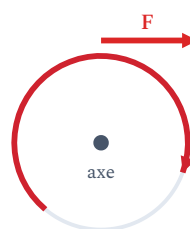
PROPRIÉTÉ

Une force peut faire tourner un objet dans **deux sens** :

- **Sens horaire** (sens des aiguilles d'une montre) : par convention, le moment est **négatif**.
- **Sens antihoraire** (sens inverse des aiguilles d'une montre) : par convention, le moment est **positif**.



Antihoraire : $M > 0$



Horaire : $M < 0$

Selon le sens dans lequel la force fait tourner l'objet autour de l'axe, le moment est compté **positif** (antihoraire) ou **négatif** (horaire).

2. Moment d'une force

DÉFINITION

Le **moment d'une force** par rapport à un axe de rotation mesure l'effet de cette force sur la rotation. Il est noté M et se calcule par :

$$M = F \times d$$

M : moment de la force (en $\text{N}\cdot\text{m}$) | F : intensité de la force (en N) | d : distance entre la droite d'action de la force et l'axe de rotation (en m)

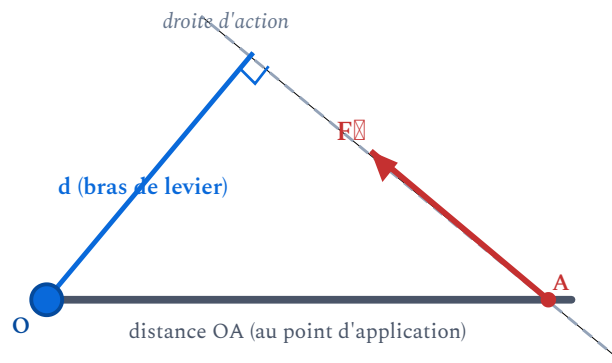
ATTENTION

- Le moment s'exprime en **newton-mètre** ($\text{N}\cdot\text{m}$), à ne pas confondre avec le joule (J) qui est aussi des $\text{N}\cdot\text{m}$ mais mesure une énergie.
- La distance d est la **distance perpendiculaire** entre l'axe de rotation et la droite d'action de la force. On l'appelle aussi **bras de levier**.
- Si la droite d'action de la force passe par l'axe de rotation, alors $d = 0$ et $M = 0$: la force ne fait pas tourner l'objet.

2.1. Le bras de levier

DÉFINITION

Le **bras de levier** est la distance perpendiculaire entre l'axe de rotation et la droite d'action de la force. C'est le « d » dans la formule $M = F \times d$.



Si la force est **oblique**, le bras de levier d (perpendiculaire à la droite d'action) est plus court que la distance OA au point d'application.

EXEMPLE PROFESSIONNEL

Un plombier chauffagiste utilise une clé de 30 cm (0,30 m) pour serrer un raccord. Il applique une force de 50 N à l'extrémité de la clé.

$$M = F \times d = 50 \times 0,30 = 15 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Avec une clé de 50 cm (0,50 m) et la même force :

$$M = 50 \times 0,50 = 25 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Un bras de levier plus long produit un moment plus grand : il est plus facile de serrer !

MÉTHODE - CALCULER UN MOMENT

1. Identifier l'**axe de rotation**.
2. Repérer la **force** et son intensité F (en N).
3. Mesurer la **distance perpendiculaire** d entre l'axe et la droite d'action de la force (en m).
4. Appliquer : $M = F \times d$.
5. Préciser le **sens de rotation** (horaire ou antihoraire).

APPLICATION

Un technicien de maintenance énergétique serre un bouchon de vanne avec une clé de 25 cm. Il applique une force de 80 N à l'extrémité. Calculer le moment de la force.

3. Condition d'équilibre d'un solide en rotation

DÉFINITION

Un solide pouvant tourner autour d'un axe fixe est en **équilibre de rotation** lorsque la somme de tous les moments par rapport à cet axe est nulle.

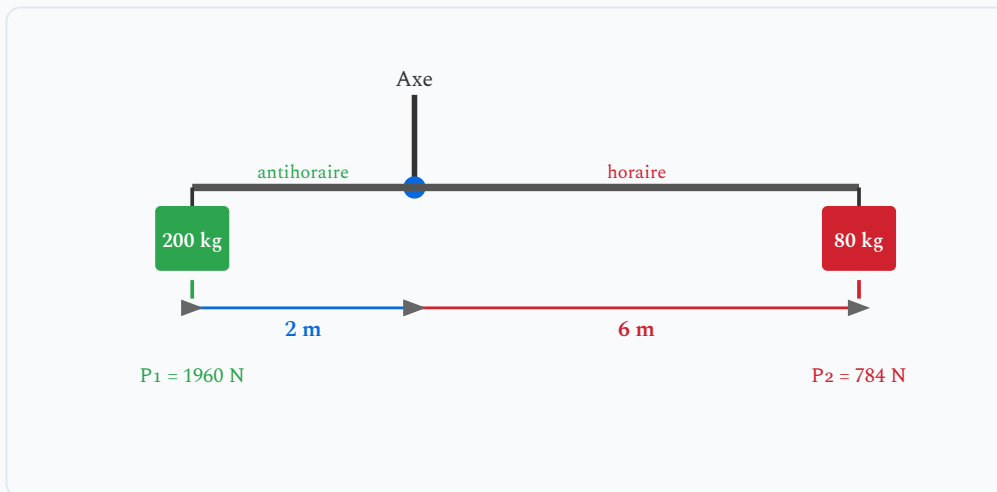
$$\sum M = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \text{Somme des moments horaires} = \text{Somme des moments antihoraires}$$

PROPRIÉTÉ

En pratique, pour vérifier l'équilibre :

- On calcule les moments des forces qui font tourner dans un sens (ex : horaire).
- On calcule les moments des forces qui font tourner dans l'autre sens (antihoraire).
- Si les deux sommes sont **égales**, le solide est en équilibre.

EXEMPLE - GRUE DE CHANTIER DE LUCAS



Données :

- Charge (radiateur) : $m_2 = 80 \text{ kg}$, à $d_2 = 6 \text{ m}$ de l'axe $\rightarrow P_2 = m_2 \times g = 80 \times 9,8 = 784 \text{ N}$
- Contrepoids : $m_1 = 200 \text{ kg}$, à $d_1 = 2 \text{ m}$ de l'axe $\rightarrow P_1 = 200 \times 9,8 = 1960 \text{ N}$

Calcul des moments :

- Moment de la charge (horaire) : $M_2 = P_2 \times d_2 = 784 \times 6 = 4704 \text{ N}\cdot\text{m}$
- Moment du contrepoids (antihoraire) : $M_1 = P_1 \times d_1 = 1960 \times 2 = 3920 \text{ N}\cdot\text{m}$

Vérification : $M_2 = 4704 \text{ N}\cdot\text{m} > M_1 = 3920 \text{ N}\cdot\text{m} \rightarrow$ La grue n'est pas en équilibre ! Elle bascule du côté de la charge.

Lucas doit soit rapprocher la charge de l'axe, soit augmenter le contrepoids.

MÉTHODE - VÉRIFIER L'ÉQUILIBRE

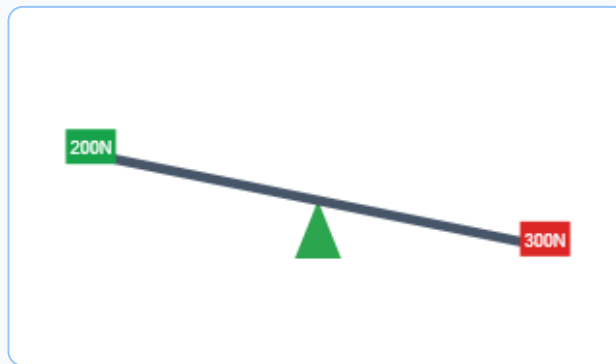
1. Identifier l'**axe de rotation**.
2. Faire l'**inventaire** de toutes les forces et calculer leurs moments.
3. Calculer la **somme des moments horaires** et la **somme des moments antihoraires**.
4. Comparer : si elles sont égales \rightarrow **équilibre**. Sinon \rightarrow **rotation** dans le sens du moment le plus grand.

APPLICATION

Une balançoire de chantier a un bras de 4 m. Une charge de 300 N est accrochée à 3 m de l'axe (côté droit, horaire). Un contrepoids de 200 N est placé à d_1 mètres de l'axe (côté gauche, antihoraire). Calculer d_1 pour obtenir l'équilibre.

3.1 Animation — équilibrer le levier

Une charge de 300 N est fixée à 3 m de l'axe (à droite). Déplace le contrepoids de 200 N (à gauche) jusqu'à équilibrer les moments.



Distance du contrepoids d_1 : 1.5 m

$M_1 = 300 \text{ N}\cdot\text{m}$ · $M_2 = 900 \text{ N}\cdot\text{m}$ → bascule à droite

4. Applications du principe des moments

4.1. Trouver une force inconnue

EXEMPLE

Question : Quel contrepoids faut-il pour équilibrer le radiateur de 80 kg à 6 m de l'axe, si le contrepoids est placé à 2 m ?

À l'équilibre : $M_1 = M_2$

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

$$P_1 \times 2 = 784 \times 6$$

$$P_1 = \frac{784 \times 6}{2} = \frac{4\,704}{2} = 2\,352 \text{ N}$$

Masse correspondante : $m_1 = \frac{P_1}{g} = \frac{2\,352}{9,8} = 240 \text{ kg}$

Il faut un contrepoids de **240 kg** (au lieu de 200 kg).

4.2. Trouver une distance

EXEMPLE

Question : Avec le contrepoids de 200 kg à 2 m, à quelle distance maximale peut-on accrocher le radiateur de 80 kg ?

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

$$1\,960 \times 2 = 784 \times d_2$$

$$d_2 = \frac{3\,920}{784} = 5,0 \text{ m}$$

Le radiateur peut être accroché à **5 m maximum** de l'axe (et non 6 m).

5. Centre de gravité et basculement

DÉFINITION

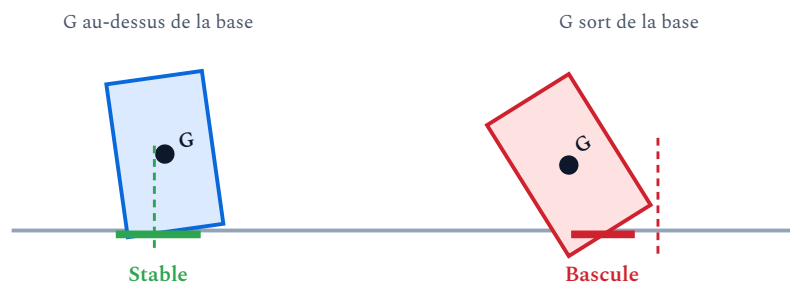
Le **centre de gravité** (noté G) d'un objet est le point d'application du poids de l'objet. C'est le point où l'on peut considérer que tout le poids est concentré.

- Pour un objet homogène de forme simple (rectangle, disque, sphère), G est au **centre géométrique**.
- Pour un objet non homogène, G est décalé vers la partie la plus lourde.

PROPRIÉTÉ - CONDITION DE BASCULEMENT

Un objet posé sur un plan bascule lorsque la **verticale passant par son centre de gravité G** sort de sa **base d'appui** (surface de contact avec le sol).

- Si la verticale de G tombe **dans la base** → l'objet est **stable**.
- Si la verticale de G tombe **hors de la base** → l'objet **bascule**.



Tant que la **verticale du centre de gravité G** reste dans la base d'appui, l'objet est stable. Dès qu'elle en sort, l'objet **bascule**.

APPLICATION PROFESSIONNELLE

Un technicien chauffagiste transporte un chauffe-eau vertical de 150 litres (plein : environ 160 kg) sur un diable. Le chauffe-eau est haut et étroit.

- Si le centre de gravité reste au-dessus de la base du diable → stable.
- Si le technicien incline trop le diable → le centre de gravité sort de la base → le chauffe-eau bascule !

Règle de sécurité : ne jamais incliner un objet lourd au-delà du point où son centre de gravité dépasse le bord d'appui.

ATTENTION - SÉCURITÉ SUR CHANTIER

- Un objet avec un centre de gravité **bas** et une base **large** est plus stable (ex : radiateur en fonte posé au sol).
- Un objet avec un centre de gravité **haut** et une base **étroite** est instable (ex : chauffe-eau vertical, échelle chargée).
- Lors du levage à la grue, toujours vérifier que le contrepoids est suffisant pour éviter le basculement.

6. Le levier dans les métiers du bâtiment

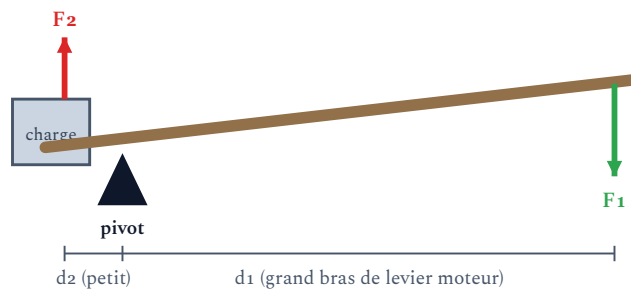
DÉFINITION

Un **levier** est un objet rigide pouvant tourner autour d'un point fixe appelé **pivot** (ou fulcrum). Il permet de soulever une charge lourde avec une force plus faible, en utilisant un bras de levier suffisamment long.

Principe du levier

$$\text{À l'équilibre : } F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$$

F_1 : force motrice (en N) | d_1 : bras de levier moteur (en m) | F_2 : force résistante (en N) | d_2 : bras de levier résistant (en m)



Le levier pivote autour du **point d'appui**. En appliquant la force F_1 loin du pivot (grand d_1), on soulève une lourde charge proche du pivot (petit d_2) : $F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$.

EXEMPLE PROFESSIONNEL

Un installateur thermique utilise un pied-de-biche de 80 cm pour soulever un ancien radiateur en fonte posé au sol. Le pivot est situé à 5 cm de la charge.

- Bras de levier moteur : $d_1 = 80 - 5 = 75 \text{ cm} = 0,75 \text{ m}$
- Bras de levier résistant : $d_2 = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$
- Poids du radiateur : $P = 600 \text{ N}$

Force nécessaire :

$$F_1 = \frac{F_2 \times d_2}{d_1} = \frac{600 \times 0,05}{0,75} = 40 \text{ N}$$

Le technicien n'a besoin que de **40 N** (environ 4 kg-force) pour soulever un radiateur de 600 N (60 kg) !

Le rapport de bras de levier est : $\frac{d_1}{d_2} = \frac{0,75}{0,05} = 15$. Le levier multiplie la force par 15.

APPLICATION

Un plombier utilise un pied-de-biche de 60 cm pour décoller un ancien radiateur. Le pivot est à 4 cm de la charge. La résistance est de 500 N. Calculer la force à appliquer.

À retenir

- Le **moment d'une force** mesure son effet de rotation : $M = F \times d$ (en N·m).
- Le **bras de levier** est la distance perpendiculaire entre l'axe de rotation et la droite d'action de la force.
- **Condition d'équilibre** : somme des moments horaires = somme des moments antihoraires ($\sum M = 0$).
- Le **centre de gravité** G est le point d'application du poids. Un objet bascule quand la verticale de G sort de sa base d'appui.
- Le **levier** multiplie la force : $F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$.
- Plus le bras de levier est **long**, plus l'effet de rotation est **grand** pour une même force.

7. Erreurs fréquentes

ERREUR
1

Utiliser la distance totale au lieu du bras de levier

Le bras de levier d est la *distance perpendiculaire* entre l'axe de rotation et la droite d'action de la force. Si la force est verticale (poids), c'est la distance horizontale entre l'axe et le point d'application. Ne pas confondre avec la longueur du bras ou la distance le long du bras.

ERREUR
2

Confondre N·m (moment) et J (énergie)

Le newton-mètre (N·m) peut représenter soit un moment de force, soit une énergie (joule). Ce sont les mêmes unités mais des grandeurs physiques différentes. Le moment mesure un effet de rotation ; l'énergie mesure une capacité à effectuer un travail.

ERREUR
3

Oublier de préciser le sens de rotation du moment

Un moment a une valeur numérique ET un sens (horaire ou antihoraire). Pour appliquer correctement la condition d'équilibre, il faut bien attribuer un signe positif à l'un et négatif à l'autre. Oublier le sens peut conduire à se tromper dans le sens de basculement prédit.

ERREUR

4

Croire qu'une force qui passe par l'axe peut faire tourner l'objet

Si la droite d'action d'une force passe par l'axe de rotation, le bras de levier est nul ($d = 0$) et le moment est nul ($M = 0$). Cette force ne peut pas faire tourner l'objet, quelle que soit son intensité.

Retour sur la situation de Lucas

RÉPONSES AUX QUESTIONS

1. **La grue va-t-elle basculer ?** — Oui ! Le moment de la charge ($4\,704\text{ N}\cdot\text{m}$) est supérieur au moment du contrepoids ($3\,920\text{ N}\cdot\text{m}$). La grue bascule du côté du radiateur.
2. **Comment vérifier l'équilibre ?** — En calculant et comparant les moments de chaque côté. Si $M_{\text{charge}} = M_{\text{contrepoids}}$, la grue est en équilibre.
3. **Quel contrepoids faut-il ?** — Il faut au minimum 240 kg à 2 m de l'axe pour équilibrer les 80 kg à 6 m .
4. **Si le radiateur est plus loin ?** — Le moment de la charge augmente ($M = P \times d$). Il faut un contrepoids encore plus lourd ou placé plus loin de l'axe.

Simulation interactive

[Moments et équilibre en rotation](#)

Socle

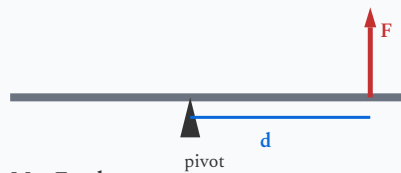
Standard

Approfondissement

Tout voir

 Objectifs du chapitre[cliquer pour développer](#)

Rappels du cours



$$M = F \times d$$

Moment d'une force : $M = F \times d$

- Moment d'une force : $M = F \times d$ (en N·m)
- Condition d'équilibre : $\sum M_{\text{horaire}} = \sum M_{\text{antihoraire}}$
- Poids : $P = m \times g$ avec $g = 9,8 \text{ N/kg}$
- Le levier multiplie la force : $F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$
- Un objet bascule quand la verticale de son centre de gravité sort de sa base d'appui.

Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Calculer un moment – exercice guidé SOCLE

Un technicien chauffagiste utilise une clé de 25 cm pour serrer un raccord de tuyauterie. Il applique une force de 40 N à l'extrémité de la clé.

MÉTHODE Utiliser la formule : $M = F \times d$. Attention : convertir la distance en mètres !

1. Convertir la longueur de la clé en mètres :

$$25 \text{ cm} = \dots\dots\dots \text{ m}$$

2. Compléter le calcul du moment :

$$M = F \times d = \square \times \square = \square \text{ N}\cdot\text{m}$$

3. Si le technicien utilise une clé de 40 cm avec la même force, calculer le nouveau moment :

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

4. Avec quelle clé est-il plus facile de serrer ? Pourquoi ?

Mes calculs :

EXERCICE 2 Vérifier l'équilibre – exercice guidé

SOCLE

Une planche de 2 m est posée sur un pivot en son milieu. D'un côté, on place un seau d'eau de poids $P_1 = 100 \text{ N}$ à 0,8 m du pivot. De l'autre, on place une boîte à outils de poids $P_2 = 80 \text{ N}$ à 1 m du pivot.

1. Calculer le moment du seau :

$$M_1 = P_1 \times d_1 = \square \times \square = \square \text{ N}\cdot\text{m}$$

2. Calculer le moment de la boîte à outils :

$$M_2 = P_2 \times d_2 = \square \times \square = \square \text{ N}\cdot\text{m}$$

3. Comparer M_1 et M_2 . La planche est-elle en équilibre ?

4. De quel côté la planche va-t-elle basculer ?

Mes calculs :

EXERCICE 3 Poids et moment – calcul guidé**SOCLE**

Un radiateur en fonte de masse $m = 60$ kg est suspendu à l'extrémité d'un bras de grue, à 4 m de l'axe de rotation. Donnée : $g = 9,8$ N/kg.

1. Calculer le poids du radiateur :

$$P = m \times g = \square \times \square = \square \text{ N}$$

2. Calculer le moment de cette force par rapport à l'axe :

$$M = P \times d = \square \times \square = \square \text{ N}\cdot\text{m}$$

3. Si le radiateur est rapproché à 3 m de l'axe, recalculer le moment. Le moment augmente-t-il ou diminue-t-il ?

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 4 Grue de chantier STANDARD

Un installateur thermique utilise une grue à bras pivotant pour monter une chaudière murale de 45 kg. Le bras de la grue mesure 5 m. La chaudière est suspendue à l'extrémité. Un contrepoids de 150 kg est placé à 1,5 m de l'autre côté de l'axe. Donnée : $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

1. Calculer le poids de la chaudière et le poids du contrepoids.
2. Calculer le moment de la chaudière par rapport à l'axe de rotation.
3. Calculer le moment du contrepoids.
4. La grue est-elle en équilibre ? Justifier.
5. Si la grue n'est pas en équilibre, calculer la masse minimale du contrepoids pour assurer l'équilibre.

Mes calculs :

EXERCICE 5 Clé de serrage

STANDARD

Un plombier chauffagiste doit serrer un raccord avec un couple de serrage de $30 \text{ N}\cdot\text{m}$. Il dispose de deux clés :

- Clé A : longueur 20 cm
- Clé B : longueur 50 cm

1. Quelle force doit-il appliquer à l'extrémité de la clé A pour obtenir le couple de $30 \text{ N}\cdot\text{m}$?
2. Quelle force doit-il appliquer à l'extrémité de la clé B ?
3. Quelle clé est la plus avantageuse ? Expliquer en utilisant la notion de bras de levier.
4. Le raccord nécessite un couple de serrage maximal de $45 \text{ N}\cdot\text{m}$ (au-delà, il risque de casser). Quelle est la force maximale à appliquer avec la clé B ?

Mes calculs :

EXERCICE 6 Balançoire – deux enfants

STANDARD

Deux enfants sont sur une balançoire (bascule). L'axe de rotation est au centre.

- Enfant A : masse 40 kg, assis à 2 m de l'axe.
- Enfant B : masse 30 kg.

1. Calculer le poids de chaque enfant ($g = 9,8 \text{ N/kg}$).
2. Calculer le moment de l'enfant A par rapport à l'axe.
3. À quelle distance de l'axe l'enfant B doit-il s'asseoir pour que la balançoire soit en équilibre ?
4. Un troisième enfant de 25 kg s'assoit du côté de B, à 1,5 m de l'axe. Recalculer les moments de chaque côté. La balançoire est-elle encore en équilibre ?

Mes calculs :

EXERCICE 7 Pied-de-biche

STANDARD

Un technicien CVC utilise un pied-de-biche de 60 cm pour soulever une dalle de béton couvrant un regard de visite. Le pivot est situé à 4 cm de la dalle. Le poids de la dalle est de 500 N.

1. Calculer le bras de levier moteur (côté technicien) et le bras de levier résistant (côté dalle).
2. Calculer la force que le technicien doit exercer pour soulever la dalle.
3. Par combien la force est-elle multipliée grâce au levier ?
4. Si le technicien ne peut exercer que 40 N, le pied-de-biche est-il suffisant ? Si non, que peut-il faire ?

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 8 Dimensionnement d'une grue de chantier

APPROFONDISSEMENT

Un installateur thermique doit installer des équipements de chauffage aux étages supérieurs d'un immeuble en construction. Il utilise une grue à bras pivotant dont les caractéristiques sont :

- Bras de la grue (côté charge) : longueur 8 m
- Bras de la grue (côté contrepoids) : longueur 3 m
- Contrepoids fixe : 500 kg, situé à 2,5 m de l'axe
- Masse du bras lui-même (côté charge) : 120 kg, centre de gravité à 4 m de l'axe

Donnée : $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

1. Calculer le moment du contrepoids par rapport à l'axe.
2. Le bras de la grue a lui-même un poids qui crée un moment. Calculer ce moment (son centre de gravité est à 4 m de l'axe, du côté charge).
3. Calculer le moment total du côté charge (bras + charge). Écrire l'équation d'équilibre pour déterminer la charge maximale que la grue peut lever à l'extrémité du bras (8 m).
4. Si l'on rapproche le crochet à 5 m de l'axe, quelle charge maximale peut-on lever ?
5. Rédiger une conclusion sur le lien entre la distance de la charge et la capacité de levage.

Mes calculs :

EXERCICE 9 Problème ouvert – Stabilité d'un chauffe-eau

APPROFONDISSEMENT

Un technicien chauffagiste doit déplacer un chauffe-eau vertical de 200 litres (plein) à l'aide d'un diable. Le chauffe-eau a les caractéristiques suivantes :

- Hauteur : 1,50 m
- Diamètre : 0,50 m
- Masse à vide : 50 kg
- Masse d'eau : 200 kg
- Centre de gravité situé à 0,70 m du sol (légèrement en dessous du milieu car le fond est plus lourd)

1. Calculer le poids total du chauffe-eau plein.

2. Le chauffe-eau est posé verticalement sur le sol. Sa base d'appui est un cercle de diamètre 0,50 m. Expliquer pourquoi il est stable dans cette position.

3. (HP – hors programme) Le technicien incline le chauffe-eau pour le placer sur le diable. Calculer l'angle maximal d'inclinaison avant basculement. (Indication : le chauffe-eau bascule quand la verticale de G atteint le bord de la base, soit quand $\tan \alpha = \frac{r}{h_G}$ où r = rayon de la base et h_G = hauteur du centre de gravité.) *Le programme 2020 n'exige que la condition géométrique de basculement (la verticale de G doit couper la base) ; le calcul de l'angle par trigonométrie est un prolongement.*

4. Proposer deux mesures de sécurité pour déplacer ce chauffe-eau sans risque de basculement.

Mes calculs :

EXERCICE 10 Système à plusieurs forces

APPROFONDISSEMENT

Un installateur thermique utilise une poutre horizontale de 4 m, pivotant autour d'un axe situé à 1,5 m de l'extrémité gauche. Trois charges sont accrochées :

- Charge A : 30 kg, à l'extrémité gauche (1,5 m à gauche de l'axe)
- Charge B : 20 kg, à 0,5 m à droite de l'axe
- Charge C : masse inconnue, à l'extrémité droite (2,5 m à droite de l'axe)

1. Calculer les poids des charges A et B.
2. Calculer les moments de A et B par rapport à l'axe. Préciser le sens de rotation de chacun.
3. Écrire la condition d'équilibre et déterminer la masse de la charge C.
4. Si l'on retire la charge B, quelle masse faut-il en C pour maintenir l'équilibre ?

Mes calculs :

Équilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe

Équilibre d'un solide en rotation | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1)

[Socle](#)[Standard](#)[Approfondissement](#)[Tout voir](#)[Objectifs du chapitre](#)[cliquer pour développer](#)**Durée**

45 minutes

Barème

20 points

Documents

Non autorisés

Calculatrice

Autorisée

Formulaire

$$P = m \times g \quad (g = 9,8 \text{ N/kg}) \quad M = F \times d \quad \text{Équilibre : } \sum M_{\text{horaire}} = \sum M_{\text{antihoraire}}$$

$$\text{Levier : } F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$$

SOCLE

EXERCICE 1 Calcul de moments

8 points

Un plombier chauffagiste utilise une clé pour serrer des raccords de tuyauterie.

1. Il applique une force de 60 N à l'extrémité d'une clé de 30 cm. Compléter : (2 pts)

30 cm = m

$$M = F \times d = \square \times \square = \square \text{ N}\cdot\text{m}$$

2. Il utilise maintenant une clé de 50 cm avec la même force. Calculer le nouveau moment : (2 pts)

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

3. Avec quelle clé le serrage est-il plus efficace ? Pourquoi ? (2 pts)

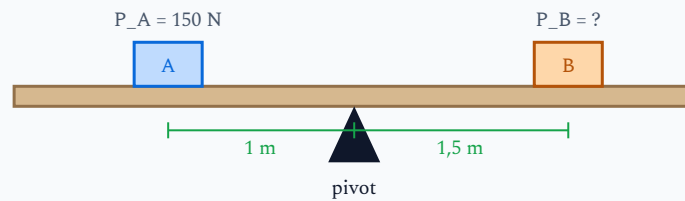
4. Compléter la phrase : « Plus le bras de levier est, plus le moment est pour une même force. » (2 pts)

EXERCICE 2 Équilibre d'une balançoire 7 points

Deux boîtes à outils sont posées de chaque côté d'une planche posée sur un pivot :

- Boîte A : poids $P_A = 150 \text{ N}$, à 1 m du pivot (côté gauche)
- Boîte B : poids P_B inconnu, à 1,5 m du pivot (côté droit)

La planche est en équilibre.



1. Calculer le moment de la boîte A : (1,5 pt)

$$M_A = P_A \times d_A = \square \times \square = \square \text{ N}\cdot\text{m}$$

2. Écrire la condition d'équilibre : (1,5 pt)

$$M_A = M_B, \text{ soit } \square = P_B \times \square$$

3. Calculer le poids P_B de la boîte B : (2 pts)

$$P_B = \frac{\dots\dots}{\dots\dots} = \dots\dots \text{ N}$$

4. En déduire la masse de la boîte B ($g = 9,8 \text{ N/kg}$) : (2 pts)

$$m_B = \frac{P_B}{g} = \frac{\dots\dots}{\dots\dots} = \dots\dots \text{ kg}$$

EXERCICE 3 Vrai ou Faux **5 points**

Répondre par Vrai ou Faux. Corriger les affirmations fausses. (1 pt par question)

- a) Le moment d'une force se mesure en newtons (N). Vrai Faux
- b) Plus le bras de levier est long, plus le moment est grand. Vrai Faux
- c) Un objet est en équilibre quand la somme des moments est nulle. Vrai Faux
- d) Si la force passe par l'axe de rotation, le moment est maximal. Vrai Faux
- e) Un objet bascule quand la verticale de son centre de gravité sort de sa base d'appui.
 Vrai Faux

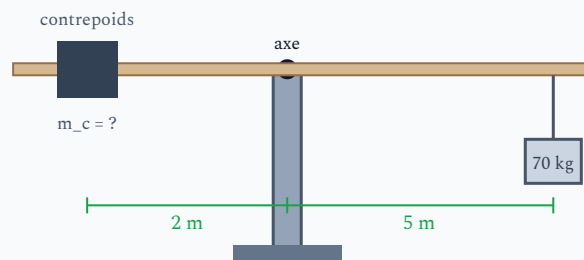
Total : 20 points

STANDARD

EXERCICE 1 Grue de chantier et radiateur **10 points**

Un technicien chauffagiste utilise une grue à bras pivotant pour monter un radiateur en fonte de 70 kg au 3^e étage. Le bras de la grue mesure 5 m côté charge. Un contrepoids de masse m_c est placé à 2 m de l'autre côté de l'axe.

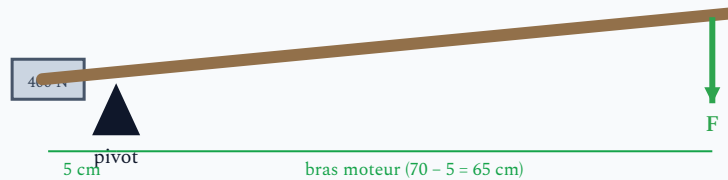
Donnée : $g = 9,8 \text{ N/kg}$.



1. Calculer le poids du radiateur. (1,5 pt)
2. Calculer le moment du radiateur par rapport à l'axe. (1,5 pt)
3. Écrire la condition d'équilibre de la grue. (1,5 pt)
4. Calculer la masse minimale du contrepoids pour assurer l'équilibre. (2,5 pts)
5. En pratique, on prend un contrepoids 20 % plus lourd que le minimum pour la sécurité. Calculer la masse du contrepoids de sécurité. (1,5 pt)
6. Si l'on déplace le crochet à 3 m de l'axe (au lieu de 5 m), quelle masse minimale de contrepoids faut-il ? (1,5 pt)

EXERCICE 2 Levier et pied-de-biche 6 points

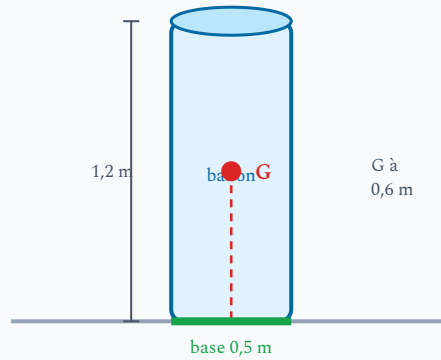
Un installateur thermique utilise un pied-de-biche de 70 cm pour soulever une plaque métallique de regard pesant 400 N. Le pivot est situé à 5 cm du bord de la plaque.



1. Calculer le bras de levier moteur et le bras de levier résistant. (1,5 pt)
2. Calculer la force que le technicien doit exercer. (2 pts)
3. Par combien le levier multiplie-t-il la force ? (1 pt)
4. Quel est l'intérêt d'utiliser un pied-de-biche plus long ? (1,5 pt)

EXERCICE 3 Stabilité et basculement **4 points**

Un technicien CVC transporte un ballon d'eau chaude sanitaire vertical (hauteur 1,2 m, base circulaire de 0,5 m de diamètre) sur un diable.



1. Le centre de gravité du ballon plein se situe à mi-hauteur. Le ballon posé au sol est-il stable ? Justifier. (2 pts)
2. Citer deux caractéristiques qui rendent un objet plus stable. (2 pts)

Total : 20 points

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 1 Grue de chantier – étude complète

12 points

Un installateur thermique utilise une grue à bras pivotant sur un chantier. Les caractéristiques sont :

- Bras côté charge : longueur 7 m
- Bras côté contrepoids : longueur 2,5 m
- Contrepoids : 400 kg à 2 m de l'axe
- Masse du bras (côté charge) : 100 kg, centre de gravité à 3,5 m de l'axe
- Le technicien doit lever successivement : un radiateur de 60 kg, puis une chaudière de 90 kg

Donnée : $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

1. Calculer le moment du contrepoids par rapport à l'axe. (1,5 pt)
2. Calculer le moment du poids du bras par rapport à l'axe. (1,5 pt)
3. Écrire la condition d'équilibre en tenant compte du bras et de la charge. (2 pts)
4. Calculer la charge maximale que la grue peut lever à l'extrémité du bras (7 m). La grue peut-elle lever le radiateur ? La chaudière ? (3 pts)
5. Pour lever la chaudière de 90 kg en toute sécurité, à quelle distance maximale de l'axe peut-on accrocher le crochet ? (2 pts)
6. Le chef de chantier demande de lever les deux équipements en même temps ($60 + 90 = 150 \text{ kg}$) à 4 m de l'axe. Est-ce possible ? Justifier par le calcul. (2 pts)

EXERCICE 2 Levier et système de levage **8 points**

Un technicien chauffagiste utilise un système de levier pour extraire un ancien radiateur en fonte scellé au sol. Le dispositif est constitué d'une barre métallique de 1,20 m posée sur un pivot (madrier). Le pivot est situé à 10 cm du radiateur.

Le radiateur pèse 800 N. Le technicien applique sa force à l'autre extrémité de la barre.

1. Calculer les deux bras de levier. *(1,5 pt)*
2. Calculer la force nécessaire pour soulever le radiateur. *(2 pts)*
3. Le technicien déplace le pivot à 20 cm du radiateur. Recalculer la force nécessaire. La situation est-elle plus ou moins favorable ? *(2,5 pts)*
4. Quel est le compromis à trouver entre la position du pivot et l'effort nécessaire ? Expliquer en termes de moment. *(2 pts)*

Total : 20 points