CHAPITRE

7 Le moment d'une force

OBJECTIFS DU CHAPITRE

- Vérifier expérimentalement l'effet du bras de levier ($F \times d$ constant).
- Connaître et utiliser la relation du moment d'une force par rapport à un axe $\mathcal{M}_{(F/\Delta)} = F \times d$.
- Connaître et utiliser la relation du moment d'un couple de force $\breve{\mathscr{C}}$: $\mathcal{M}(\breve{\mathscr{C}}) = F \times d$.
- Faire l'inventaire des moments qui s'exercent dans un système de levage.

QUESTION

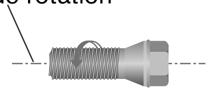
Comment pourrait-on forcer plus facilement la porte du coffre ?

Réponse à la page 98

Activité 1 DÉFINIR LE MOMENT D'UNE FORCE PAR RAPPORT A UN AXE

Document 1 Démonter une roue

• Une personne désirant desserrer un boulon de roue utilise une clé à manche télescopique. Elle exerce une force sur le manche de la clé afin d'entraîner le boulon dans un mouvement de rotation autour de son axe.



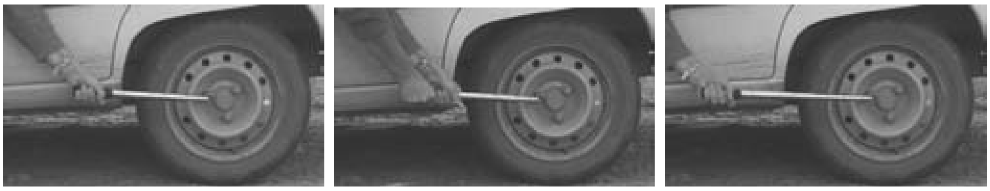


Schéma 1 **Schéma 2** **Schéma 3**

• La personne appuie sur le manche de la clé (schéma 1), mais l'effet de rotation de la force exercée sur le manche de la clé est insuffisant. Pour tenter de desserrer le boulon, la personne peut :
– soit utiliser ses deux mains (schéma 2) et appuyer plus fort sur le manche ;
– soit allonger le manche de la clé (schéma 3).

À l'aide du document 1, complétez les phrases suivantes.

a) Sur le schéma 2, la personne augmente l' *intensité* de la *force* exercée sur le manche de la clé. Sur le schéma 3, la personne augmente la *distance* entre l'axe de rotation du boulon et le point d'application de la *force*.

La distance de la droite d'action d'une force à l'axe de rotation s'appelle le **bras de levier**.

b) L'effet de rotation d'une force dépend de deux facteurs :

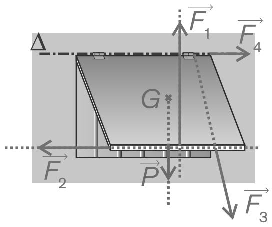
l'intensité de la force et *le bras de levier*.

L'effet de rotation d'une force $\vec{F}$ par rapport à l'axe Δ s'appelle le moment de la force $\vec{F}$ par rapport à l'axe Δ et se note $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F})$.

À l'aide du document 2, complétez les phrases suivantes.

Document 2 Force et effet de rotation

Un volet du soupirail de poids $\vec{P}$ a été représenté ci-contre.



a) Δ est l'axe de rotation du volet.

b) Les forces $\vec{F_1}$ et $\vec{P}$ peuvent faire pivoter le volet autour de son axe.

Les forces $\vec{F_2}$, $\vec{F_3}$ et $\vec{F_4}$ n'ont aucun effet de rotation sur le volet par rapport à son axe. La droite d'action de la force $\vec{F_2}$ est *parallèle* à l'axe de rotation.

La droite d'action de la force $\vec{F_3}$ *coupe* l'axe de rotation.

La droite d'action de la force $\vec{F_4}$ est *confondue* avec l'axe.

c) Le moment des forces $\vec{F_2}$, $\vec{F_3}$ et $\vec{F_4}$ par rapport à l'axe Δ est nul.

Le moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à un axe de rotation Δ est nul ($\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = 0$) si :

– la droite d'action de la force $\vec{F}$ est *parallèle* à l'axe de rotation ;

– la droite d'action de la force $\vec{F}$ *coupe* l'axe de rotation Δ ;

– la droite d'action de la force $\vec{F}$ est *confondue* avec l'axe de rotation Δ.

Activité 2 CALCULER LE MOMENT D'UNE FORCE PAR RAPPORT A UN AXE

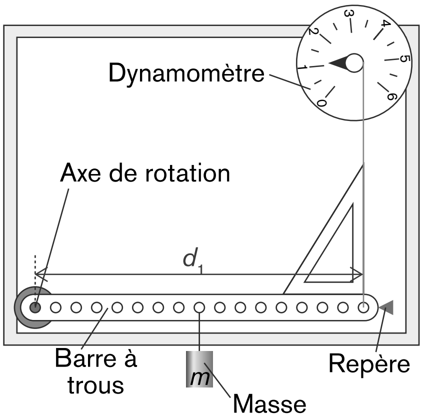
Matériel

- Un tableau magnétique
- Une barre à trous et son pivot de rotation aimanté
- Des masses marquées
- Un niveau à bulle
- Un feutre
- Une règle graduée
- Une feuille de papier

MODE OPÉRATOIRE

1. Placez une feuille de papier sur le tableau magnétique.

2. Réalisez le montage ci-dessous.



3. Ajustez le montage :
a) vérifiez avec le niveau à bulle que la barre soit horizontale (au besoin déplacez le dynamomètre) ;
b) vérifiez avec une équerre que le fil du dynamomètre soit perpendiculaire à la barre ;
c) avec le feutre, **faites** un repère sur le tableau magnétique.

4. Mesurez (en m) le bras de levier d_1. **Relevez** la valeur F_1 (en N) indiquée par le dynamomètre et **notez** le tout dans le tableau ci-dessous.

5. Accrochez le dynamomètre à deux autres trous de la barre. **Utilisez** le repère pour vérifier l'horizontalité de la barre et l'équerre pour contrôler que le fil du dynamomètre est perpendiculaire à la barre. **Notez** les bras de levier d_2 et d_3 (en m) et les valeurs des forces $\vec{F_2}$ et $\vec{F_3}$ (en N) dans le tableau.

$d_1 = 0{,}40$	$d_2 = 0{,}30$	$d_3 = 0{,}20$
$F_1 = 3$	$F_2 = 4$	$F_3 = 6$
$d_1 \times F_1 = 1{,}2$	$d_2 \times F_2 = 1{,}2$	$d_3 \times F_3 = 1{,}2$

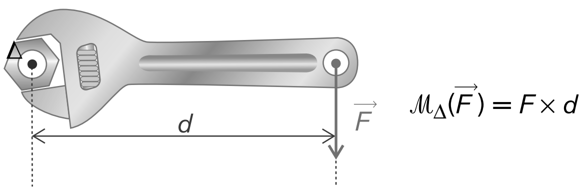
OBSERVATION

• Les forces $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$, $\vec{F_3}$ ont tendance à faire *tourner* la barre autour de son *axe de rotation*. Elles maintiennent la barre dans une position d'équilibre horizontal, elles ont le même effet de *rotation* .

Les produits des bras de levier des forces $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ et $\vec{F_3}$ par leurs valeurs sont *égaux* .

CONCLUSION

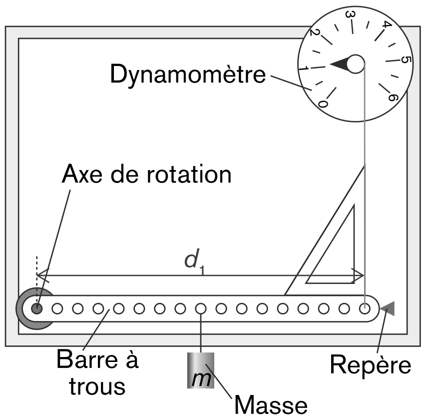
• Le produit de *l'intensité* d'une force par son *bras de levier* caractérise l'effet de rotation produit par la force $\vec{F}$ exercée sur un solide mobile autour d'un axe Δ, c'est le **moment** de la force $\vec{F}$ par rapport à l'axe Δ : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d$, le moment s'exprime en newton-mètre (Nm), F en newton (N) et d en mètre (m).



Activité 3 DÉTERMINER LA LONGUEUR D'UN BRAS DE LEVIER

Matériel
- Un tableau magnétique
- Une barre à trous et son pivot de rotation aimanté
- Des masses marquées
- Un niveau à bulle
- Un feutre
- Une règle graduée
- Une feuille de papier

MODE OPÉRATOIRE



1. Placez une feuille de papier sur le tableau magnétique.

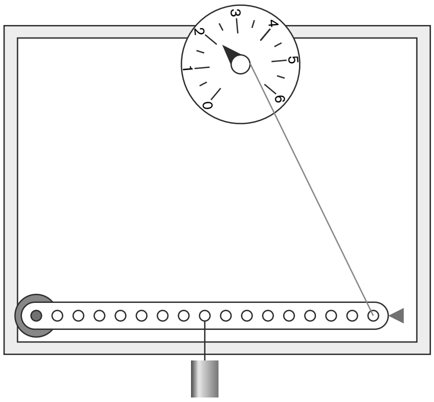
2. Réalisez le montage ci-contre.

3. Ajustez le montage :
a) vérifiez avec le niveau à bulle que la barre soit horizontale (au besoin déplacez le dynamomètre) ;
b) vérifiez avec une équerre que le fil du dynamomètre soit perpendiculaire à la barre ;
c) avec le feutre, **faites** un repère sur le tableau magnétique.

4. Mesurez (en m) le bras de levier d_1. **Relevez** la valeur F_1 (en N) indiquée par le dynamomètre et **notez** le tout dans le tableau ci-dessous.

5. Calculez le moment de la force $\vec{F_1}$ par rapport à l'axe de rotation Δ.

$d_1 = 0,4$	$F_1 = 3$	$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F_1}) = 1,2$

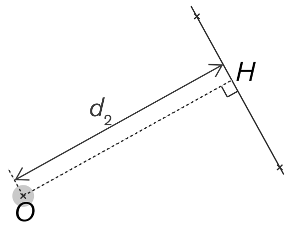


6. Déplacez le dynamomètre comme indiqué sur le schéma ci-contre (la barre doit être horizontale).

7. Sur la feuille, **repérez** au crayon par deux points la direction de la droite d'action de la force exercée par le dynamomètre et la position O de l'axe de rotation de la barre.

8. Notez dans le tableau la valeur de la force $\vec{F_2}$ indiquée par le dynamomètre.

9. Récupérez la feuille.
Tracez la droite d'action de la force $\vec{F_2}$ puis, du point O, **tracez** la perpendiculaire OH à la droite d'action de la force $\vec{F_2}$. **Mesurez** la distance d_2, **notez-la** dans le tableau.



10. Calculez le produit $d_2 \times F_2$ et notez le résultat dans le tableau.

$d_2 = 0,3$	$F_2 = 4$	$d_2 \times F_2 = 1,2$

OBSERVATION

- Le moment de la force $\vec{F_1}$ et le produit $d_2 \times F_2$ sont *égaux*.

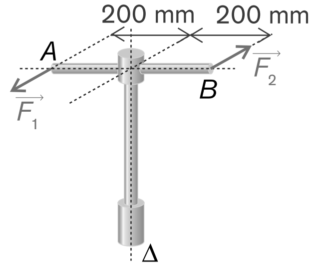
CONCLUSION

- La barre est maintenue en position horizontale, les effets de rotation produits par les forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ sont *identiques*. Le moment de la force $\vec{F_2}$ est donné par la relation $F \times d$. d_2 est le bras de levier de la force $\vec{F_2}$.
- Le **bras de levier** d'une force $\vec{F}$ est mesuré sur la perpendiculaire abaissée de *l'axe de rotation* sur la droite d'action de la force.

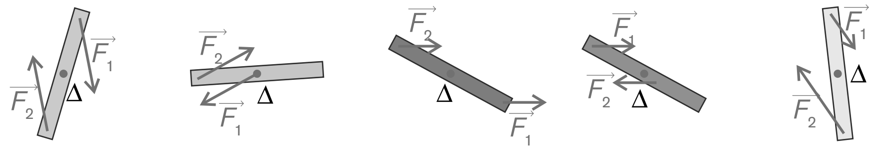
Activité 4 DÉFINIR UN COUPLE DE FORCES

Document Couple de forces

Un mécanicien utilise la clé à bougie représentée ci-contre. Pour démonter une bougie, il exerce deux forces $\overrightarrow{F_1}$ et $\overrightarrow{F_2}$ aux extrémités de la tige de manœuvre AB. Ces forces de même direction, de même intensité, mais de sens contraires constituent un **couple de forces**.



Des barres mobiles autour d'un axe de rotation Δ sont soumises à deux forces $\overrightarrow{F_1}$ et $\overrightarrow{F_2}$. Pour chaque dessin, cochez la case lorsqu'un couple de forces s'exerce sur la barre.



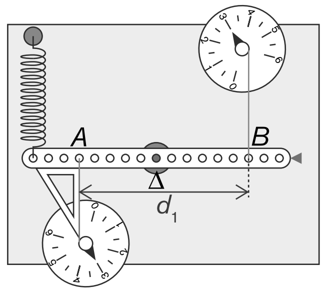
☒ ☒ ☐ ☒ ☐

Activité 5 CALCULER LE MOMENT D'UN COUPLE DE FORCE

Matériel
- Un tableau magnétique
- Une barre à trous et son pivot de rotation aimanté
- Un ressort
- Un niveau à bulle
- Deux dynamomètres
- Une équerre

MODE OPÉRATOIRE

1. Réalisez le montage ci-contre.



2. Ajustez le montage :
a) assurez-vous que les forces exercées par les dynamomètres aient la même intensité ;
b) vérifiez avec le niveau à bulle que la barre soit horizontale ;
c) vérifiez avec une équerre que les fils des dynamomètres soient perpendiculaires à la barre ;
d) avec le feutre, **faites** un repère sur le tableau magnétique.

3. Notez la distance d_1 (en m) entre les droites d'action des forces ainsi que la valeur commune F_1 des forces (en N) dans le tableau ci-dessous.

4. Déplacez les dynamomètres afin de modifier la distance entre les droites d'action des forces. **Ajustez** le montage comme indiqué en **2.**, puis **notez** la distance d_2 (en m) et la valeur commune F_2 des forces (en N) dans le tableau.

5. Complétez le tableau.

F	d	$F \times d$
$F_1 = 4$	$d_1 = 0{,}30$	$F_1 \times d_1 = 1{,}2$
$F_2 = 6$	$d_2 = 0{,}20$	$F_2 \times d_2 = 1{,}2$

OBSERVATION

- Les produits $F \times d$ sont *égaux*.
- Le couple de forces produit un effet de *rotation* sur la barre.

CONCLUSION

- Le produit $F \times d$ représente le *moment* du couple de force ($\overrightarrow{F_1}$, $\overrightarrow{F_2}$).

F est l'intensité commune des forces ($F = F_1 = F_2$) exprimée en newton, d est la distance, en mètre, séparant les droites d'action des forces. On écrit : $\mathcal{M}(\mathscr{C}) = F \times d$. Le moment d'un couple s'exprime en *newton-mètre*.

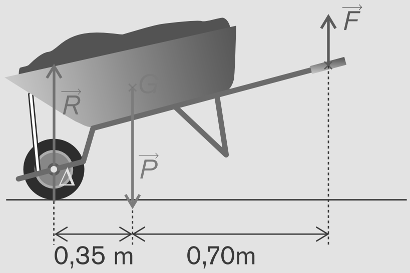
Activité 6 FAIRE L'INVENTAIRE DES MOMENTS QUI S'EXERCENT SUR UN SYSTÈME DE LEVAGE

MÉTHODE Faire l'inventaire des moments qui s'exercent sur un solide

Un jardinier exerce une force de 500 N pour transporter une charge totale de 1500 N.

► **1. Isolez** l'objet sur lequel on effectue l'inventaire des moments.
Le système étudié est la brouette et son chargement.

► **2. Dressez** l'inventaire des forces qui s'exercent sur le système étudié.
Les trois forces qui s'exercent sur le système étudié sont :
– la force $\vec{F}$ exercée par le jardinier sur la brouette et son chargement ;
– la force $\vec{R}$ exercée par le sol sur la brouette et son chargement ;
– le poids $\vec{P}$ de la brouette et son chargement.



► **3. Identifier** l'axe de rotation.
L'axe de rotation Δ est l'axe de rotation de la roue de la brouette.

► **4. Déterminez** le bras de levier de chacune des forces.
– Le bras de levier de la force $\vec{F}$ exercée par le jardinier sur le système est $d_F = 1{,}05$ m (035 + 0,70).
– Le bras de levier de la force $\vec{R}$ exercée par le sol sur le système est nul $d_R = 0$ m.
– Le bras de levier du poids $\vec{P}$ du système est $d_P = 0{,}35$ m.

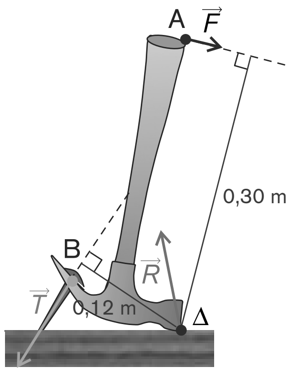
► **5. Calculez** le moment de chaque force par rapport à l'axe de rotation.
Moment de la force $\vec{F}$: $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d$; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 500 \times 1{,}05 = 525$ Nm
Moment de la force $\vec{R}$: $\mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = R \times d$; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = R \times 0 = 0$ Nm
Moment du poids $\vec{P}$: $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = P \times d$; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = 1500 \times 0{,}35 = 525$ Nm
On peut remarquer que le moment du poids $\vec{P}$ est le même que le moment de la force $\vec{F}$ du jardinier, mais que la force $\vec{F}$ fait tourner la brouette autour de son axe de rotation dans un sens alors que le poids fait tourner la brouette autour de son axe de rotation en sens inverse.

Au cours de l'arrachage d'un clou, une force F d'intensité 40 N est appliquée à l'extrémité *A* du manche d'un marteau spécialisé. Le clou exerce alors une force $\vec{T}$ d'intensité 98 N en *B* sur le fer du marteau. On néglige le poids du marteau.

Faites l'inventaire des moments des forces qui s'exercent sur le marteau.

1. Le système étudié est le *marteau*.

2. Les forces qui s'exercent sur le marteau sont :
– la force $\vec{F}$ exercée par la main sur le marteau ;
– la force $\vec{R}$ exercée par *le sol* sur le marteau ;
– la force $\vec{T}$ exercée par le clou sur le marteau.



3. L'axe de rotation est Δ.

4. Le bras de levier de :
– la force $\vec{F}$ est $d_F = 0{,}30$ m
– la force $\vec{T}$ est $d_T = 0{,}12$ m
– la force $\vec{R}$ est $d_R = 0$ m

5. Le moment de :
– la force $\vec{F}$ est $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 0{,}30 \times 40 = 12$ Nm
– la force $\vec{T}$ est $\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) = 98 \times 0{,}12 = 11{,}76$ Nm
– la force $\vec{R}$ est $\mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$.

Testez vos connaissances

Cochez la (ou les) réponse(s) correcte(s).

1 **Un solide est mobile autour de l'axe Δ, une force appliquée au solide est parallèle à Δ. Alors, la force :**

❑ s'oppose à la rotation du solide autour de son axe

❑ favorise la rotation du solide autour de son axe

☒ n'a aucun effet de rotation sur le solide

2 **Une poignée de porte n'est jamais placée au voisinage de l'axe de rotation formé par les gonds pour :**

❑ raccourcir le bras de levier

☒ allonger le bras de levier

❑ des raisons d'esthétique

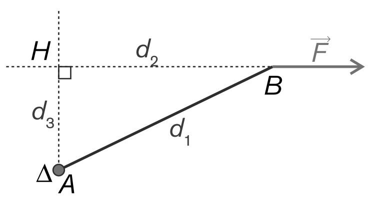
3 **Le moment d'une force par rapport à un axe est nul si :**

☒ la droite d'action de la force coupe l'axe de rotation

❑ la distance entre la droite d'action de la force et l'axe de rotation est très grande

❑ l'intensité de la force est trop importante

4 **La barre *AB* pivote autour de l'axe de rotation Δ.**



Le moment de la force $\vec{F}$ par rapport à l'axe Δ s'écrit :

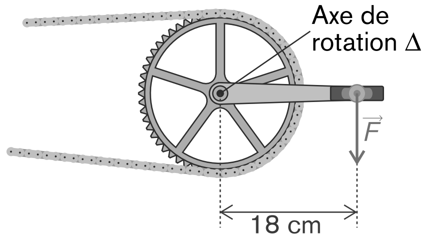
❑ $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d_1$

❑ $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d_2$

☒ $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d_3$

5 **Un cycliste exerce sur la pédale de son vélo une force de 360 N.**

La longueur de la manivelle du pédalier est 18 cm.



Le moment de la force par rapport à l'axe de rotation Δ est :

❑ $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 360 \times 18 = 6\ 480$ Nm

❑ $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 360 : 18 = 20$ Nm

☒ $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 360 \times 0{,}18 = 64{,}8$ Nm

❑ $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 360 : 0{,}18 = 2\ 000$ Nm

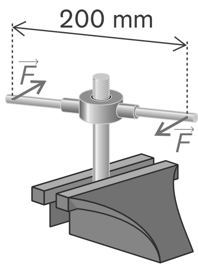
6 **Un couple de forces est un ensemble de deux forces :**

❑ de même direction, de même sens et de même intensité

☒ de même direction, de sens contraire et de même intensité

❑ de même direction, de même sens et d'intensités différentes

7 **Une filière est utilisée pour fileter une tige métallique.**
On applique des forces de même intensité aux extrémités de la tige comme indiqué sur le schéma (*F* = 50 N).



La distance entre les droites d'action des forces est 200 mm. Le moment du couple de force est égal à :

☒ $\mathcal{M}(\breve{\mathcal{C}}) = 10$ Nm

❑ $\mathcal{M}(\breve{\mathcal{C}}) = 10\ 000$ Nm

❑ $\mathcal{M}(\breve{\mathcal{C}}) = 250$ Nm

❑ $\mathcal{M}(\breve{\mathcal{C}}) = 0{,}25$ Nm

Corrigés des exercices

8 $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d$;
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 150 \times 0{,}32 = 48$;
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 48$ Nm.

9 $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d$; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})$ est le moment de la force par rapport à l'axe Δ exprimé en newton-mètre (Nm), F est l'intensité de la force exprimée en newton (N) et le bras de levier exprimé en mètre (m).

10 $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d$; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 30 \times 0{,}9 = 27$ Nm.

11 $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d$; $3 = F \times 0{,}2$; $F = 3 / 0{,}2 = 15$ N.

12 **1.** Moment de la force $\vec{F_M}$:
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F_M}) = F_M \times d$;
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F_M}) = F_M \times d = 90 \times 0{,}4 = 36$ Nm.
2. Les moments sont égaux :
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F_M}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F_C})$; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F_C}) = F_C \times d$;
$F_C = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F_C}) / d$.
$F_C = 36 / 0{,}06 = 600$ N.

13 **1.** Poids de la barrière : $P = mg$; $P = 5 \times 10 = 50$ N.
2. $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = P \times \frac{1}{2}$.
3. $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 62{,}5$ Nm ;
$62{,}5 = 50 \times \frac{1}{2}$; $l = 62{,}5 \times 2 / 50 = 2{,}5$ m.

14 **1.** Moment du poids $\vec{P}$ par rapport à l'axe de rotation Δ :
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = 0{,}05 \times 500 = 25$ Nm.
2. Intensité de la force $\vec{F}$:
$25 = F \times 0{,}125$; $F = 200$ N.

15 **1.** $P_1 = m_1 g$; $P_1 = 400 \times 10 = 4\,000$ N.
$P_2 = m_2 g$; $P_2 = 420 \times 10 = 4\,200$ N.
$P_3 = m_3 g$; $P_3 = 150 \times 10 = 1\,500$ N.
2. $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P_1}) = P_1 \times d_1$;
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P_1}) = 4\,000 \times 2{,}4 = 9\,600$ Nm.
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P_2}) = P_2 \times d_2$;
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P_2}) = 4\,200 \times 1{,}2 = 5\,040$ Nm.
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P_3}) = P_3 \times d_3$;
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P_3}) = 1\,500 \times 1{,}75 = 2\,625$ Nm.

16 **1.** Poids du poteau : $P = mg$; $P = 30 \times 10 = 300$ N.
2. Bras de levier du poids :
on trace la perpendiculaire abaissée de D sur la droite d'action du poids.
Le triangle rectangle obtenu est un demi-triangle équilatéral : $d = \Delta G/2$
$d = 3/2 = 1{,}5$ m.
3. Moment du poids par rapport à l'axe de rotation Δ :
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = P \times d$; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = 300 \times 1{,}5 = 450$ Nm.
4. Bras de levier de la force développée par l'ouvrier :
on trace la perpendiculaire abaissée de D sur la droite d'action de la force.
Le triangle rectangle obtenu est un demi-triangle équilatéral : $d = l/2$.
$d = 6/2 = 3$ m.
5. $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d = 3$ F.
6. Égalité des moments :
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 450$ Nm.
Intensité de la force que doit exercer l'ouvrier : $450 = 3\,F$; $F = 150$ N.

17 **1.** Longueur du bras de levier.
On trace la perpendiculaire abaissée de D sur la droite d'action de la force.
Le triangle rectangle obtenu est un demi-triangle équilatéral,
$d = 28 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 24{,}25$ cm.
2. Moment de la force $\vec{F}$ par rapport à l'axe de rotation Δ.
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d$; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 160 \times 0{,}2425 = 38{,}8$ Nm.
3. Le moment de la force exercée sur le manche est insuffisant pour desserrer l'écrou.
4.a) Moment de la force exercée sur le manche de la clé :
$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d$; $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 160 \times 0{,}28 = 44{,}8$ Nm.
b) L'opérateur pourra desserrer le boulon car le moment de la force qu'il exerce est supérieur à 40 Nm.

18 **1.** $\mathcal{M}(C) = F \times d$; $\mathcal{M}(C) = 45 \times 0{,}007 = 0{,}315$ Nm.
2. $\mathcal{M}(C) = F \times d$; $0{,}42 = F \times 0{,}007$;
$F = 0{,}42 / 0{,}007 = 60$ Nm.

19 **1.** Moment du poids $\vec{P}$ par rapport à l'axe B :
$\mathcal{M}_B(\vec{P}) = P \times BG$ $\quad \mathcal{M}_B(\vec{P}) = 8 \times 0{,}3 = 2{,}4$ Nm.
2. Moment de la force $\vec{F}$ par rapport à l'axe B :
$\mathcal{M}_B(\vec{F}) = F \times AG$ $\quad \mathcal{M}_B(\vec{F}) = 4 \times 0{,}6 = 2{,}4$ Nm.
3. Les deux moments sont égaux.

4. Donnez le tableau des caractéristiques des forces $\vec{P}$ et $\vec{T}$.

Force	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité
$\vec{P}$	G	|	↓	8 N
$\vec{T}$	A	|	↑	8 N

20 $\mathcal{M}(C) = F \times d$; $150 = F \times 0,05$;
$F = 150 / 0,05 = 3\,000$ N.

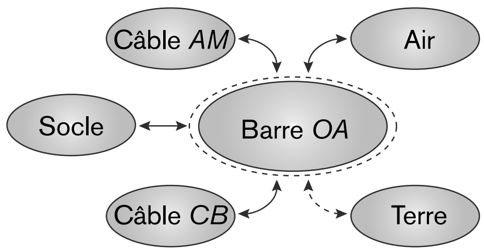
21 1. Les bras de levier sont égaux au rayon du foret : $d = 5$ mm.

2. $\mathcal{M}_O(\vec{F_A}) = \mathcal{M}_O(\vec{F_B}) = \mathcal{M}_O(\vec{F_C}) = 6 / 3 = 2$ Nm.

3. $F_A = F_B = F_C = 2 / 0,005 = 400$ N.

22 1. Poids du bateau $P = mg$;
$P = 600 \times 10 = 6\,000$ N.

2. Diagramme objets-interactions (voir ci-dessous).



3. Inventaire des forces :
la force exercée par l'air sur la barre OA (négligeable) ;
la force exercée par la Terre sur la barre OA (négligeable) ;
la force exercée par le socle sur la barre OA ;
la force exercée par le câble AM sur la barre OA ;
la force exercée par le câble CB sur la barre OA.

4.a) Inventaire des moments des forces :
moment de la force exercée par le socle sur la barre OA ;
moment de la force exercée par le câble AM sur la barre OA ;
moment de la force exercée par le câble CB sur la barre OA ;

b) Le moment de la force $\overrightarrow{F_{S/OA}}$ est nul car la droite d'action de la force passe par l'axe de rotation.

c) $\mathcal{M}_O(\overrightarrow{F_{AM/OA}}) = 6\,000 \times 2,5 = 15\,000$ Nm.

d) $\mathcal{M}_O(\overrightarrow{F_{CB/OA}}) = F_{CB/OA} \times 2,4$.

e) $F_{CB/OA} \times 2,4 = 15\,000$; $F_{CB/OA} = 6\,250$ N.

23 1. La droite d'action de la force $\vec{F_2}$ coupe l'axe de rotation de la pédale, le moment de la force $\vec{F_2}$ est donc nul, la force $\vec{F_2}$ n'a aucun effet de rotation pour la pédale.

2. Force exercée sur chaque pédale : $P = mg$;
$P = 80 \times 10 = 800$ N ;
$F = P / 2 = 800 / 2 = 400$ N.

3. Le moment de la force $\vec{F_2}$ par rapport à O est nul car sa droite d'action coupe l'axe de rotation.
Moment de la force $\vec{F_1}$: $\mathcal{M}_O(\vec{F_1}) = F_1 \times OA$;
$\mathcal{M}_O(\vec{F_1}) = 346 \times 0,17 = 58,82$ Nm.

RÉPONSE À LA QUESTION DE LA PAGE 87

On pourrait forcer plus facilement la porte du coffre en augmentant le bras de levier, c'est-à-dire en déplaçant les mains vers l'extrémité du pied de biche.