

Mécanique — Forces et pression

4^e

Programme du cycle 4 — arrêté du 9 novembre 2015, BO spécial n°11 du 26 novembre 2015

Une punaise s'enfonce dans un mur sous la simple pression d'un pouce ; le même pouce appuyé sur la tête plate ne fait rien. La **force** est pourtant identique. Ce qui change, c'est la **surface** sur laquelle elle s'applique — et c'est cette distinction entre force et pression qui explique aussi bien les raquettes à neige que les semelles des chameaux et la résistance d'un barrage.

1 Ce qu'est une force

DÉFINITION

Une **force** modélise une action mécanique exercée par un objet sur un autre. Elle se décrit par **quatre caractéristiques**, et une réponse qui en oublie une est incomplète : son **point d'application**, sa **direction** — la droite qui la porte —, son **sens** sur cette droite, et sa **valeur**, exprimée en **newtons**. On la représente par une flèche dont la longueur traduit la valeur.

direction : la droite qui porte la flèche

valeur : longueur de la flèche, en newtons



Les quatre caractéristiques d'une force se lisent toutes sur la flèche qui la représente.

2 Le poids et la masse

DÉFINITION

La **masse** est la quantité de matière d'un objet : elle se mesure en **kilogrammes** avec une balance, et elle ne change pas selon le lieu. Le **poids** est la force d'attraction exercée par un astre sur cet objet : il se mesure en **newtons** avec un dynamomètre, et il dépend de l'astre. Ce sont deux grandeurs différentes, avec deux unités différentes.

$$P = m \times g$$

RÈGLE

Le coefficient g s'appelle l'**intensité de la pesanteur**. Il vaut environ **9,8 N/kg** à la surface de la Terre — souvent arrondi à 10 pour un calcul mental — et environ **1,6 N/kg** sur la Lune. C'est lui, et lui seul, qui change d'un astre à l'autre : la masse d'un objet transporté sur la Lune reste la même, son poids y est six fois plus faible.

EXEMPLE

Une personne a une masse de 60 kg. Calculer son poids sur Terre, puis sur la Lune.

- ① Sur Terre, avec une intensité de pesanteur de 9,8 N/kg :
 $60 \times 9,8 = 588$
- ② Sur la Lune, avec 1,6 N/kg :
 $60 \times 1,6 = 96$
- ③ Le rapport entre les deux poids :
 $588 \div 96 \approx 6,1$
- ④ Sa **masse** est restée 60 kg dans les deux cas : c'est la même quantité de matière, attirée par un astre moins massif.

588 N sur Terre, 96 N sur la Lune — pour une même masse de 60 kg

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Écrire « je pèse 60 kg » dans une réponse de physique, ou donner un poids en kilogrammes. — Le langage courant confond les deux, la physique non. Le **kilogramme** mesure une **masse** ; le **newton** mesure une force, donc un **poids**. Répondre « 60 kg » à une question sur le poids, c'est se tromper d'unité et donc de grandeur — et rendre impossible le calcul suivant, qui portera sur la Lune ou sur un équilibre de forces.

Le réflexe : Associer une unité à chaque mot dès le brouillon : **masse** → **kg**, **poids** → **N**. Une réponse dont l'unité est fautive ne peut pas être juste.

3 L'équilibre des forces

RÈGLE

Deux forces se **compensent** lorsqu'elles ont la même droite d'action, la même valeur et des sens opposés. Un objet immobile posé sur une table est dans ce cas : son **poids**, dirigé vers le bas, est compensé par la réaction du support, dirigée vers le haut. Un objet dont les forces se compensent reste immobile ou poursuit un mouvement rectiligne uniforme — c'est le principe d'inertie, que la 3^e reprendra.

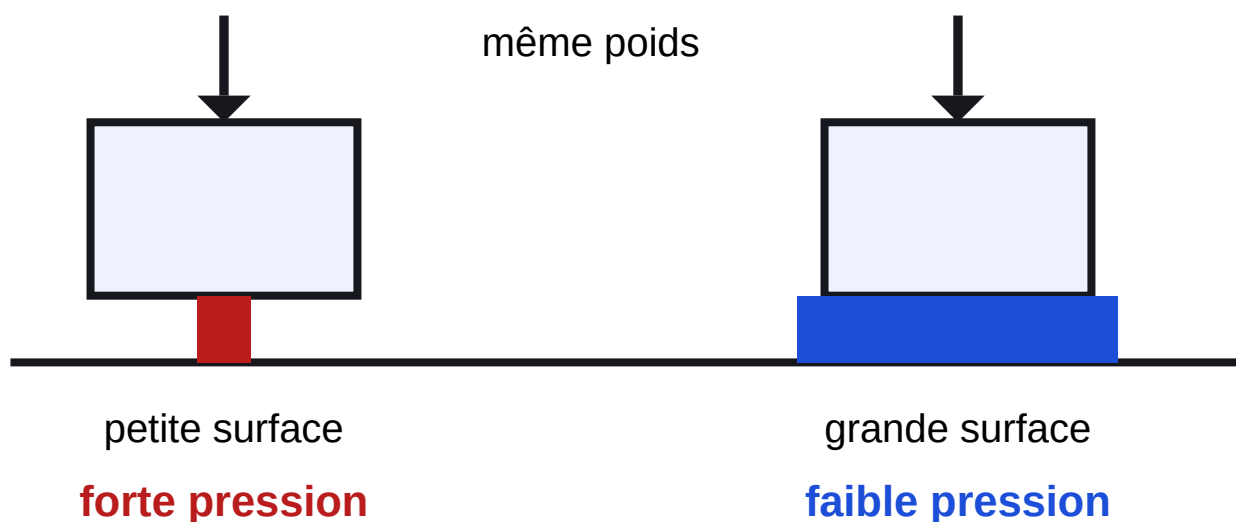
Un objet immobile n'est donc pas un objet sur lequel **rien** ne s'exerce : c'est un objet sur lequel les actions **se neutralisent**. La distinction paraît subtile et elle décide de tout : elle explique pourquoi un livre posé sur une table n'écrase pas la table, et pourquoi il tombe dès qu'on la retire.

4 La pression

DÉFINITION

La **pression** exercée par une force sur une surface est le quotient de la valeur de cette force par l'aire de la surface pressée. Elle s'exprime en **pascals** : un pascal correspond à une force d'un newton répartie sur un mètre carré. Une même force produit donc des pressions très différentes selon la surface sur laquelle elle s'applique.

$$p = \frac{F}{S}$$



Même poids, deux surfaces d'appui : c'est la pression qui change, pas la force.

CALCULER UNE PRESSION

- 1 Identifier la **force** pressante et la calculer si nécessaire — c'est souvent le poids.
- 2 Déterminer l'aire de la surface **réellement en contact**, et la convertir en mètres carrés.
- 3 Diviser la force par cette aire.
 $600 \div 0,03 = 20000$
- 4 Contrôler le sens : diviser par une petite surface doit donner une **grande** pression.
- 5 Écrire le résultat en **pascals**, ou en kilopascals si le nombre devient encombrant.

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Diviser par la surface totale de l'objet au lieu de la surface en contact. — Seule la surface qui touche le support transmet la force. Une personne debout sur ses deux pieds n'appuie que sur la semelle de ses chaussures, pas sur la totalité de son corps. Prendre la mauvaise aire fausse le résultat d'un facteur qui peut atteindre plusieurs centaines, et rend incompréhensibles les raquettes à neige comme le talon aiguille.

Le réflexe : Repasser au crayon la zone de contact sur le schéma avant de calculer. C'est elle, et rien d'autre, qui entre au dénominateur.

Dans un **fluide** — liquide ou gaz — la pression augmente avec la profondeur, parce que la colonne de fluide au-dessus pèse davantage. C'est ce qui impose aux plongeurs des paliers de remontée, ce qui fait qu'un barrage est plus épais à sa base qu'à son sommet, et ce qui explique que la pression atmosphérique diminue quand on monte en altitude.

À VÉRIFIER

- Ai-je donné les **quatre** caractéristiques de la force, sans en oublier une ?
- **Masse** → **kg**, **poids** → **N** : mes unités correspondent-elles à la grandeur ?
- Ai-je employé la bonne intensité de pesanteur selon l'astre ?
- Pour un équilibre, les deux forces ont-elles même droite, même valeur, sens opposés ?
- Ma surface est-elle celle **en contact**, convertie en mètres carrés ?
- Petite surface → **grande** pression : mon résultat va-t-il dans ce sens ?
- Ai-je écrit l'unité — newton, kilogramme, **pascal** ?

À RETENIR

- Une **force** se décrit par **quatre** caractéristiques : point d'application, direction, sens, valeur.
- **Masse** en **kilogrammes**, constante · **poids** en **newtons**, variable selon l'astre.
- $P = m \times g$, avec $g \approx 9,8 \text{ N/kg}$ sur Terre et $\approx 1,6 \text{ N/kg}$ sur la Lune.
- Deux forces se **compensent** : même droite, même valeur, sens opposés.
- Un objet immobile ne subit pas « rien » : ce qui s'exerce sur lui **se neutralise**.
- $p = \frac{F}{S}$ en **pascals** — la surface est celle **en contact**, en mètres carrés.
- $1 \text{ cm}^2 = 0,0001 \text{ m}^2$. C'est la conversion qui fait le plus d'erreurs du chapitre.
- Petite surface → **grande** pression : la punaise, le talon aiguille, le couteau aiguisé.
- Grande surface → faible pression : les raquettes à neige, les chenilles, les pneus larges.
- Dans un **fluide**, la pression **augmente avec la profondeur** — d'où l'épaisseur d'un barrage.