

Séance de 1 heure | Situation et cours

Pourquoi les vis du haut lâchent

Première MA | Moment d'une force et équilibre

Prénom et nom : Classe :

Énoncé — Contexte professionnel : une porte d'armoire qui s'affaisse

Un agenceur est rappelé six mois après la pose d'une armoire : une porte « frotte en bas » et les vis de la charnière du haut se sont arrachées du panneau. La porte, en panneau de particules mélaminé de 19 mm, mesure 2,00 m **de haut sur** 0,60 m **de large**. Elle tient sur deux charnières invisibles, posées à 1,00 m **d'entraxe** seulement. La notice du fabricant de charnières indique : « *Le nombre de charnières dépend du poids et de la hauteur de la porte. Pour une bonne stabilité, l'entraxe entre les charnières doit être le plus important possible.* »

Le client demande : « *Pourquoi les vis du haut, et pas celles du bas ?* »

Définition — Masse et poids d'un panneau

Masse : $m = \rho \times V$, avec ρ la masse volumique (kg/m^3) et V le volume (m^3). Un panneau de particules a une masse volumique de 500 à 800 kg/m^3 ; on prend ici 650 kg/m^3 .

Poids : $P = m \times g$, avec $g = 9,81 \text{ N/kg}$. Il s'applique au **centre de gravité G**, au milieu d'un panneau homogène.

Définition — Moment d'une force

Une force qui ne passe pas par l'axe de rotation tend à faire tourner l'objet. Son effet est le **moment** : $M = F \times d$, en newtons-mètres ($\text{N} \cdot \text{m}$), avec F en N et d en m : le **bras de levier**, distance de l'axe à la droite d'action de la force, mesurée perpendiculairement. Pour une porte de largeur ℓ , le bras de levier du poids vaut $\frac{\ell}{2}$.

Propriété — Équilibre d'un solide en rotation

Un solide mobile autour d'un axe est en équilibre si la **somme des moments** des forces qui le font tourner dans un sens est égale à celle des forces qui le font tourner dans l'autre sens.

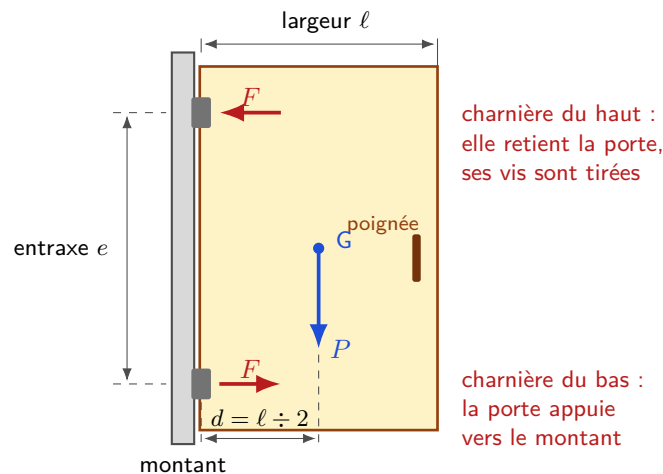
Pour la porte : par rapport à la charnière du bas, le moment du poids $P \times \frac{\ell}{2}$ est équilibré par l'effort horizontal F de la charnière du haut, de bras de levier l'entraxe e :

$$F \times e = P \times \frac{\ell}{2} \quad \text{donc} \quad F = \frac{M}{e}$$

La charnière du haut retient la porte : ses vis sont **tirées** hors du panneau. En bas, la porte appuie contre le montant.

Exercices | Socle

Écris tes calculs et l'unité de chaque résultat.



Porte vue de face, schéma sans échelle. Le poids P s'applique en G ; son bras de levier vaut $d = \ell \div 2$. Les charnières, à l'entraxe e , exercent deux efforts F opposés.

Exercice 1 – La masse et le poids de la porte**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Étagère de $0,80 \times 0,30 \times 0,019$ m : $V = 0,004\,56$ m³ ; $m \approx 2,96$ kg ; $P \approx 29,0$ N.

À toi de jouer.

La porte mesure $2,00$ m $\times$ $0,60$ m $\times$ $0,019$ m. Masse volumique du panneau : 650 kg/m³.

1. Calculer le volume de la porte, en m³.
2. Calculer sa masse, en kg, arrondie au centième.
3. Calculer son poids, en N, arrondi au dixième.

Exercice 2 – Le moment du poids**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Une porte de $0,40$ m de large pèse 100 N : $d = 0,40 \div 2 = 0,20$ m ; $M = 100 \times 0,20 = 20$ N · m.

À toi de jouer.

On utilise le schéma ci-dessus. La porte pèse $145,4$ N et mesure $0,60$ m de large.

1. Calculer le bras de levier du poids par rapport à l'axe des charnières.
2. Calculer le moment du poids, arrondi au dixième.
3. Pourquoi la hauteur de la porte n'intervient-elle pas dans le bras de levier ?

Exercice 3 – Un sac accroché à la poignée**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Un sac de 2 kg accroché à 0,40 m de l'axe : $P = 2 \times 9,81 = 19,62 \text{ N}$; $M = 19,62 \times 0,40 \approx 7,8 \text{ N} \cdot \text{m}$.

À toi de jouer.

Le client accroche souvent un sac de 5 kg à la poignée, située à 0,55 m de l'axe des charnières.

1. Calculer le poids du sac.

2. Calculer le moment du poids du sac.

3. Ajouter ce moment à celui de la porte (43,6 Nm). Quel est le moment total ?

Exercices | Standard**Exercice 4 – L'effort sur la charnière du haut****Exemple — Sur d'autres valeurs**

Un moment de 30 N · m et un entraxe de 1,50 m : $F \times 1,50 = 30$, donc $F = 30 \div 1,50 = 20 \text{ N}$.

À toi de jouer.

On écrit l'équilibre de la porte par rapport à la charnière du bas. Les charnières sont à 1,00 m d'entraxe, comme sur l'armoire du client.

1. Écrire l'égalité des moments.

2. Calculer l'effort horizontal F sur la charnière du haut, porte seule.

3. Le même calcul avec le sac (moment total 70,6 Nm).

4. Expliquer pourquoi ce sont les vis du haut qui s'arrachent.

Exercice 5 – Écarter les charnières**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Avec $30 \text{ N} \cdot \text{m}$: à $1,50 \text{ m}$ d'entraxe, $F = 20 \text{ N}$; à $0,75 \text{ m}$, $F = 40 \text{ N}$. Diviser l'entraxe par 2 multiplie l'effort par 2.

À toi de jouer.

Pour la réparation, l'agenceur pose les charnières à 10 cm du haut et du bas de la porte : l'entraxe passe à $1,80 \text{ m}$.

1. Calculer le nouvel effort sur la charnière du haut, porte seule, puis avec le sac.
2. Par combien l'effort est-il divisé par rapport à l'entraxe de $1,00 \text{ m}$? Comparer au rapport des entraxes.
3. Quelle consigne de la notice ce calcul justifie-t-il ?

Exercice | Approfondissement**Exercice 6 – Une porte plus large****Exemple — Sur d'autres valeurs**

Une porte de $0,50 \text{ m}$ pèse 120 N : $M = 120 \times 0,25 = 30 \text{ N} \cdot \text{m}$. Une porte de $1,00 \text{ m}$, même hauteur et même panneau, pèse 240 N : $M = 240 \times 0,50 = 120 \text{ N} \cdot \text{m}$, soit 4 fois plus pour une largeur 2 fois plus grande.

À toi de jouer.

Le client voudrait une porte de $0,80 \text{ m}$ de large, même hauteur et même panneau, sur deux charnières à $1,80 \text{ m}$ d'entraxe.

1. Calculer la masse puis le poids de cette porte.
2. Calculer le moment de son poids, puis l'effort sur la charnière du haut.
3. Par combien l'effort est-il multiplié par rapport à la porte de $0,60 \text{ m}$ ($24,2 \text{ N}$) ? Comparer au rapport des largeurs et à son carré.
4. La notice donne ses indications pour des portes de 600 mm de large. Que conseiller au client ?

Mon bilan avec l'enseignant : ☐ Calculer un poids ☐ Calculer un moment ☐ Écrire l'équilibre des moments.