

Chapitre 7

La rotation des solides autour d'un axe

Le moment d'une force

La poignée d'une porte est toujours placée près du bord opposé aux gonds autour desquels la porte pivote. Ce choix n'est pas dû au hasard; cette position est celle qui nécessite une force d'intensité minimale pour ouvrir la porte. La distance à l'axe de rotation influence donc l'intensité de la force nécessaire à l'opération.

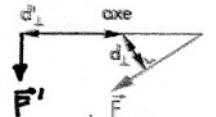
Le moment d'une force

Des mesures adéquates montrent que, pour chaque cas examiné, le produit de l'intensité de la force par sa distance à l'axe de rotation a toujours la même valeur.

Cette quantité, appelée "moment de la force \vec{F} par rapport à l'axe" et notée $M_{\vec{F}}$ est définie par: $M_{\vec{F}} = d_{\perp} \cdot F$.

Son unité est le $[m \cdot N]$ (qui se lit "mètre newton" ou "mètre fois newton") et elle mesure l'effet de rotation que la force provoque.

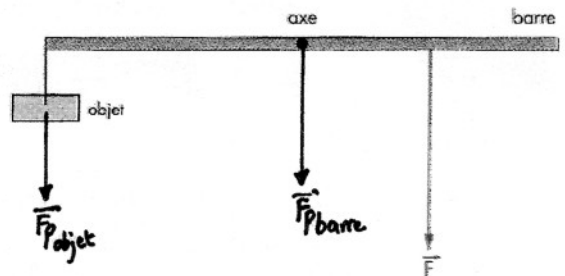
La distance dont il est question est appelée "bras de levier"; elle se mesure depuis l'axe sur une perpendiculaire à la droite d'action de la force; c'est la raison pour laquelle on la note d_{\perp} (voir ci-contre).



Sens de rotation

On se rend facilement compte que la force de pesanteur \vec{F}_p de l'objet suspendu fait tourner la barre dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, alors que la force \vec{F} la fait tourner dans l'autre sens.

Une force dont la droite d'action passe par l'axe de rotation (c'est le cas pour la force de pesanteur de la barre) ne participe pas à la rotation; son moment est nul.



Condition d'équilibre

Dans chacun des cas d'équilibre des premières figures ci-dessus, on constate que le moment de \vec{F}' (agissant dans un sens) est égal au moment de \vec{F} (agissant dans l'autre sens).

On peut énoncer la règle suivante:

Un corps mobile autour d'un axe est à l'équilibre lorsque le moment de la force le faisant tourner dans un sens est égal au moment de la force le faisant tourner dans l'autre sens.

Plusieurs forces dans le même sens

Dans la vie courante, la plupart des objets soumis à des moments constituent des leviers.

Si plusieurs forces appliquées au même levier contribuent à le faire tourner dans le même sens, le moment total agissant dans ce sens s'obtient en additionnant les moments de chacune des forces.

La condition d'équilibre se généralise par:

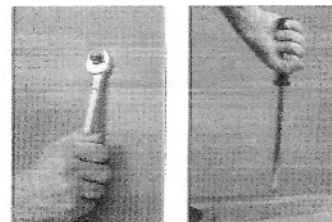
Un corps (ou un levier) mobile autour d'un axe est à l'équilibre lorsque le moment total des forces le faisant tourner dans un sens est égal au moment total des forces le faisant tourner dans l'autre sens.

Couple de forces

Pour dévisser les boulons d'une roue, un mécanicien utilise une "clé en croix". Il lui applique deux forces parallèles, de même intensité mais de sens opposés; on parle alors d'un couple de forces.

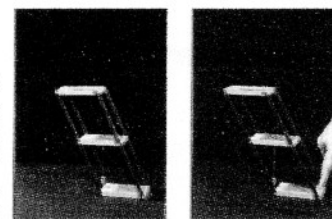
Si F désigne l'intensité commune aux deux forces et d la distance entre leurs droites d'action respectives, le moment résultant de ce couple de forces, noté M , est donné par:

$$M = \frac{d}{2} \cdot F_1 + \frac{d}{2} \cdot F_2 = d \cdot F$$



Equilibre d'un corps posé sur le sol

Considérons un corps déformable en forme de parallélépipède rectangle et posé sur le sol horizontal. Déformons-le à partir de la verticale. Durant la première phase de l'opération, la verticale passant par le centre de gravité du solide traverse sa base d'appui et le corps reste à l'équilibre. Dès que l'inclinaison devient suffisante pour que cette verticale passe à l'extérieur de la base d'appui, le moment de la force de pesanteur le fait basculer.



Remarque:

La base d'appui d'un solide posé sur le sol est le polygone obtenu en tendant un élastique autour de la surface du solide en contact avec le sol.

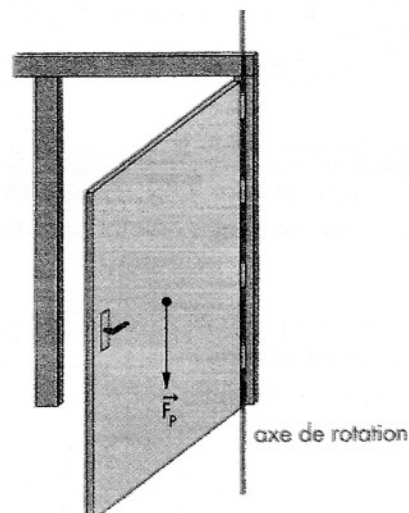
Si le solide possède plusieurs surfaces de contact avec le sol (les quatre pieds d'une chaise par exemple), sa base d'appui est le polygone obtenu en tendant un élastique autour des parties en contact avec le sol.



Forces parallèles à l'axe de rotation

Une force dont la direction est parallèle à l'axe de rotation n'a aucun effet de rotation.

C'est le cas par exemple de la force de pesanteur d'une porte qui ne contribue ni à l'ouvrir, ni à la fermer. (Si les gonds ne sont pas sur une verticale, la porte se met spontanément dans la position où son centre de gravité est le plus bas.)



Exercices sur le chapitre 7

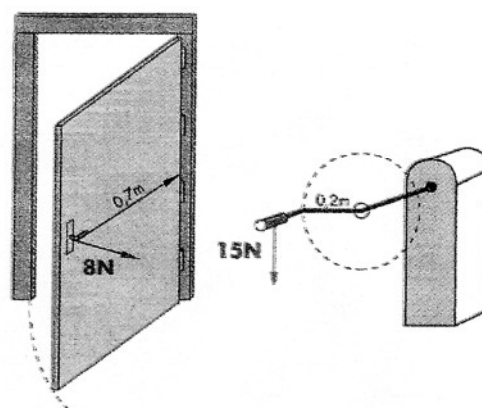
La rotation des solides autour d'un axe

Le moment d'une force

1. Quel est l'avantage des "écrous à ailettes" par rapport aux écrous ordinaires ?



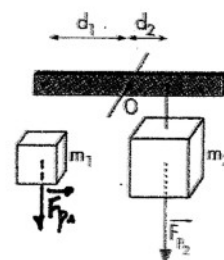
2. Calculer, pour chaque situation représentée sur les figures, le moment de la force par rapport à l'axe de rotation.



3. Deux objets de masses m_1 et m_2 sont suspendus à une règle de bois traversée en son milieu par un axe O. Chaque ligne du tableau correspond à un état d'équilibre de ce système.

Compléter le tableau.

Note: arrondir g à $10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

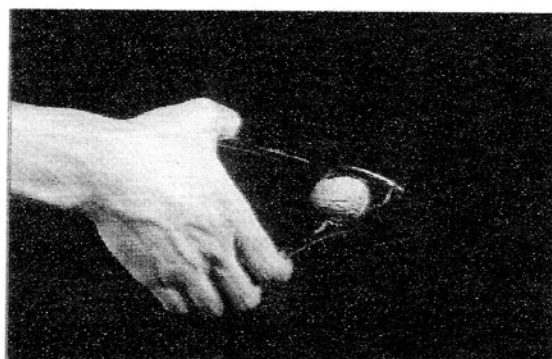


m_1	m_2	F_{p1}	F_{p2}	d_1	d_2	M_1	M_2
[kg]	[kg]	[N]	[N]	[m]	[m]	[m · N]	[m · N]
1	2			0,2			
0,5			25				2,5
		9		0,2	0,3		

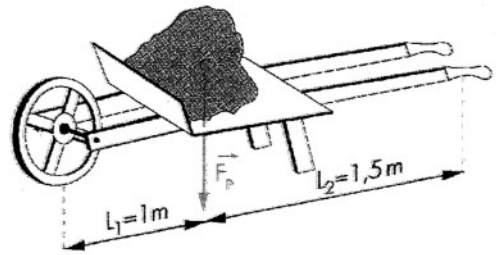
4. Une noix est serrée entre les mâchoires d'un casse-noix. Les distances de la noix à l'axe et de l'axe aux poignées sont égales à 3 cm et 15 cm.

La noix se brise si l'intensité des forces qui la compriment dépasse 400 N.

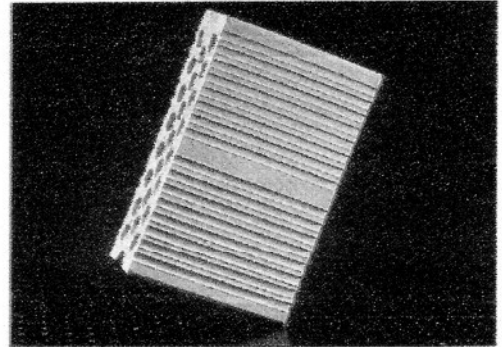
Avec quelle intensité faut-il presser l'une contre l'autre les poignées du casse-noix pour casser la noix ?



5. Calculer les intensités de tractions \vec{F}_1 et \vec{F}_2 exercées par les mains du conducteur de cette brouette si l'intensité de la force de pesanteur de la brouette avec son contenu est de 750 N.



6. Que va-t-il arriver à cette brique si on la lâche ?



7. Que va-t-il arriver à cette brique si on la lâche ?

