

## Chapitre 8

### Le travail d'une force - La puissance

La notion de travail est intuitivement liée à la sensation d'effort physique fourni, c'est-à-dire à la fatigue qui en résulte. On se rend compte, à l'occasion d'un déménagement par exemple, que la dépense physique dépend de la charge à transporter, et du nombre d'étages à gravir.

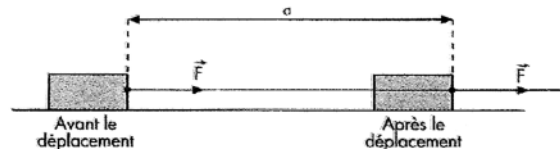
#### Définition

Pour déplacer un objet horizontalement, il faut le soumettre à une force qui compense les frottements.

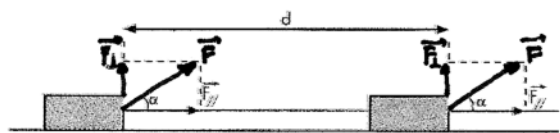
Cette force (supposée constante) est orientée dans la direction du déplacement.

Le travail qu'elle effectue sur une distance  $d$  vaut par définition:  $W_{\vec{F}} = F \cdot d$ , où  $W_{\vec{F}}$  est le travail de la force  $\vec{F}$  en joules [J],  $F$  est l'intensité de la force  $\vec{F}$  en [N] et  $d$  la distance du déplacement de  $\vec{F}$  en [m].

Si la force agissant sur l'objet n'a pas la même direction que le déplacement, la force utile est la composante parallèle ( $\vec{F}_{\parallel}$ ) à cette direction. Le travail vaut alors:  $W_{\vec{F}} = F_{\parallel} \cdot d$ .



*Force et déplacement de même direction.*



*Force et déplacement de directions différentes.*

#### Remarques:

- Une force n'effectue du travail que lorsque son point d'application se déplace. La force musculaire d'un haltérophile accomplit du travail quand il soulève l'haltère mais n'en accomplit plus pendant qu'il le maintient à bout de bras au-dessus de la tête.
- Une force perpendiculaire à la direction de déplacement n'effectue aucun travail.
- On peut beaucoup se fatiguer sans pour autant effectuer du travail.

#### Unités de travail

Le travail a la dimension du produit d'une force par une distance, son unité est le  $\mathbf{N \cdot m}$  [J]. Cette unité est appelée "joule" et abrégée [J], du nom du physicien anglais James Prescott Joule (1818-1889).

#### Travail moteur et travail résistant

Lorsqu'on soulève un corps, deux forces au moins sont en cause:

- la force motrice qui provoque ce mouvement;
- la force résistante qui s'y oppose.

Dans l'exemple de l'haltérophile, la force motrice est sa force musculaire, la force résistante est la force de pesanteur de l'haltère.

Le point d'application de chacune de ces forces se déplace durant l'opération; les deux accomplissent donc un travail que l'on appelle respectivement travail moteur (ou fourni) et travail résistant (ou utile).

## Le travail de la force de pesanteur

Le travail effectué par la force de pesanteur, lors du déplacement d'un corps de masse  $m$ , a même valeur quel que soit le trajet suivi pour relier les positions de départ et d'arrivée.

Il est donné par:  $W_{\vec{F}_p} = m \cdot g \cdot \Delta h$ , où  $\Delta h$  (delta h) est la différence d'altitude entre les positions du centre de gravité avant et après le déplacement.

## La puissance

La puissance  $P$  moyenne d'une machine représente la quantité de travail qu'elle est capable de fournir par unité de temps.

S'il faut à une machine un temps  $t$  pour fournir le travail  $W$ , sa puissance moyenne est donnée par:

$$P_{\text{moy}} = \frac{W}{t}.$$

L'unité de mesure de la puissance est le watt [W], du nom de l'ingénieur écossais James Watt (1735-1819):  
1 [W] = 1[J] / 1 [s].

On peut régler le débit d'eau sortant d'un robinet: un robinet complètement ouvert laisse couler l'eau avec un grand débit. La puissance d'un moteur mesure son "débit de travail": un moteur de grande puissance fournit du travail avec un grand débit.

L'emploi d'une machine puissante ne permet pas d'économiser du travail mais de l'effectuer dans un temps plus court (il faut la même quantité d'eau pour remplir un récipient, quel que soit le débit du robinet; un robinet de grand débit diminue le temps de l'opération).

### Quelques multiples du watt

Le kilowatt	[kW];	1kW = $10^3$ W
Le mégawatt	[MW];	1MW = $10^6$ W
Le gigawatt	[GW];	1GW = $10^9$ W

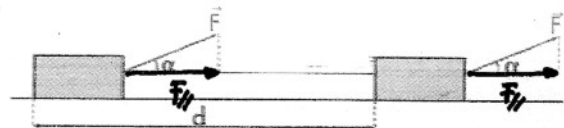
## Puissance et vitesse

La puissance  $P$  fournie lors du déplacement d'un corps est liée à la vitesse  $v$  du déplacement.

Désignons par  $F_{\parallel}$  l'intensité de la force motrice parallèle au déplacement (force utile) et  $d$  la distance de déplacement.

Si la vitesse  $v$  est constante, alors:

$$P = \frac{W_{\vec{F}}}{t} = \frac{W_{\vec{F}_{\parallel}}}{t} = \frac{F_{\parallel} \cdot d}{t} = F_{\parallel} \cdot v.$$



## Le cheval-vapeur

Les fabricants de voitures indiquent encore la puissance des moteurs en chevaux-vapeur [ch] même si cette unité n'est pas acceptée dans le système international d'unités.

Il est utile de savoir ce qu'elle représente mais il ne faut pas l'utiliser: 1 [ch] = 735 [W].

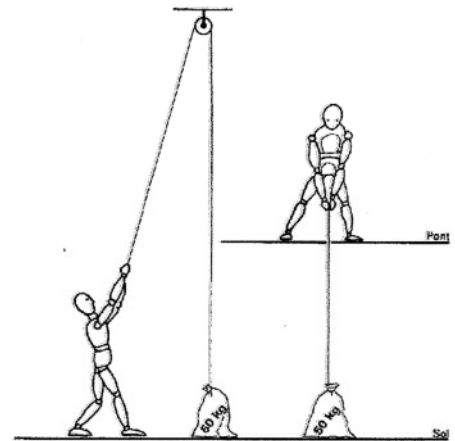
Ainsi, un moteur de 100 [ch] développe une puissance de 73,5 [kW].

## **Exercices sur le chapitre 8**

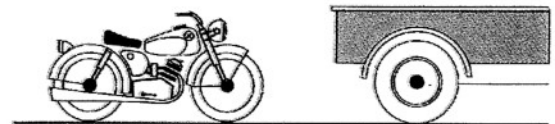
### **Le travail d'une force - La puissance**

1. Une personne pousse un chariot dans un grand magasin. Elle exerce une poussée d'intensité égale à 8 N dans la direction du déplacement du chariot. Quel est le travail de cette poussée si elle est exercée sur une distance de 250 m ?

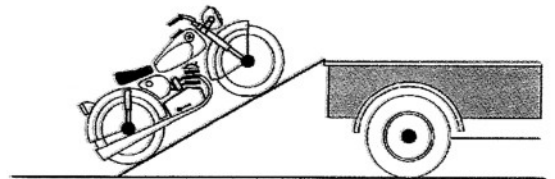
2. Quel personnage doit fournir le plus grand travail pour hisser son sac sur le pont ?



3. On veut charger une moto de 150 kg sur le pont d'un camion. Sachant que le pont est à 130 cm au-dessus du sol, quel est le travail minimal nécessaire à cette opération:



- A) en soulevant verticalement la moto ?



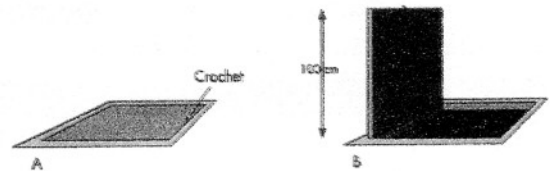
- B) en roulant la moto le long d'une planche formant un angle de 30 degrés avec l'horizontale ?

- C) Une personne ne pouvant exercer une poussée de plus de 600 N peut-elle charger cette moto ?

4. Le travail nécessaire à soulever une pierre de 2 kg d'une hauteur de 1 mètre est-il le même sur la Terre et sur la Lune ?

5. La trappe représentée ici a une masse de 10 kg.

A) Quel travail fournit-on pour faire passer la trappe de la position fermée A à la position ouverte B ?



B) Avec quelle force verticale faut-il soulever la trappe (par le crochet) pour amorcer l'ouverture ?

6. Par son métabolisme, le corps humain utilise approximativement les énergies suivantes pendant 1 heure:

Sommeil:	300 kJ
Rester assis:	400 kJ
Travail ménager:	800 kJ
Monter un escalier:	3'700 kJ
Marcher (5 km/h):	900 kJ
Creuser un fossé:	1'700 kJ
Faire du vélo:	1'300 kJ
Jouer au tennis:	1'700 kJ
Nager:	1'600 kJ
Piste vita:	2'500 kJ
Skier:	2'000 kJ
Courir rapidement:	2'500 kJ

Calculer les puissances correspondant à ces activités.