

## Chapitre 25

# Travail et énergie en mécanique

### Le travail

Porter un sac, escalader une montagne, déplacer un meuble sont des exemples de travail en mécanique. Pour chaque exemple, on remarque le déplacement du point d'application d'une force.

#### Définition

Le travail  $W$  (work en anglais) est proportionnel à l'intensité  $F$  de la force exercée dans la même direction que le déplacement  $d$ :  $W = F \cdot d$ .

Unités:  $1 \text{ [joule]} = 1 \text{ [newton]} \cdot 1 \text{ [mètre]}$ .

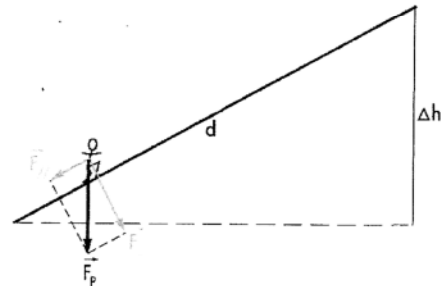
#### Exemple:

A) Une pomme de 1N tombant d'une hauteur de 1 m fournit un travail de 1 J.

B) Jules porte un sac en restant immobile. Malgré sa fatigue, on peut affirmer que son travail est nul ! En effet, dans ce cas, le déplacement de la force est nul, dont le travail aussi.

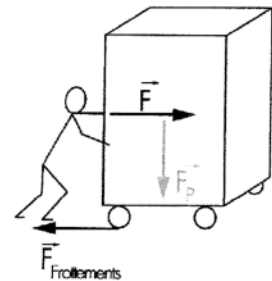
C) Lorsqu'on escalade une pente, le travail peut se calculer de deux façons:

- soit on calcule le travail de la force de pesanteur:  $W = F_p \cdot \Delta h$  ;
- soit on calcule le travail de la force utile parallèle au déplacement  $d$ :  $W = F_{\parallel} \cdot d$ .



D) Lorsqu'on déplace un meuble d'une distance  $d$ , la force qui intervient dans le calcul du travail n'est pas la force de pesanteur  $\vec{F}_p$  du meuble, qui est perpendiculaire au déplacement  $d$ . Pour s'en convaincre, il suffit d'imaginer un sol parfait, sans frottement; même dans ce cas, la force de pesanteur ne provoque aucun mouvement du meuble.

En présence de frottements, si on déplace le meuble à vitesse constante, la force  $\vec{F}$  qui travaille, parallèle au déplacement, est celle qui compense la force de frottement.



Le travail de cette force est alors:  $W = F_{\parallel} \cdot d$ .

NB: Une force perpendiculaire au déplacement fournit un travail nul.

### L'énergie mécanique

#### Définition

Pour effectuer un travail mécanique, il faut fournir (ou transformer) de l'énergie.

#### L'énergie potentielle de gravitation

Un objet placé à une certaine hauteur est susceptible de tomber. Dans une bibliothèque, un livre posé sur le rayonnage supérieur possède plus d'énergie potentielle que celui placé en bas de la bibliothèque. L'énergie potentielle du livre est égale au travail qu'il a fallu fournir pour le placer sur le rayon de la bibliothèque.

En résumé, l'énergie potentielle de gravitation ( $E_{pot}$ ) d'un corps dépend de sa position par rapport à un niveau de référence. Cette énergie est proportionnelle à la masse  $m$  du corps, la dénivellation  $\Delta h$  et la constante de gravitation  $g$ .

On a:  $\Delta E_{pot} = m \cdot g \cdot \Delta h$ .

Unités:  $1 \text{ [joule]} = 1 \text{ [kg]} \cdot 1 \text{ [N} \cdot \text{kg}^{-1}] \cdot 1 \text{ [m]} = 1 \text{ [N]} \cdot 1 \text{ [m]}$ .

Dans le cas d'une pomme de 100 g qui tombe de 1m, la diminution d'énergie potentielle est égale, en valeur absolue, au travail qu'il faudrait fournir pour la soulever de la même hauteur.

Perte d'énergie potentielle:  $\Delta E_{pot} = 0,1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ J}$

Travail à fournir pour élever la pomme:  $W = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ J}$ .

Remarque: la grandeur que nous mesurons sera toujours une variation (une différence) d'énergie potentielle

### L'énergie potentielle de déformation élastique

Cette énergie est celle que possède un corps lorsqu'il est déformé de manière élastique. Elle est égale au travail qu'il a fallu effectuer pour déformer ce corps. Cette énergie est restituée lorsque le corps reprend sa forme initiale. Des exemples sont: un arc tendu, un ressort comprimé, une balle qui rebondit, ...

L'énergie emmagasinée dans un ressort de raideur  $k$  comprimé ou étiré sur une distance  $\Delta x$  vaut:

$$\Delta E_{pot.élastique} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (\Delta x)^2.$$

Remarque: Certains corps déformés ne reprennent pas leur forme initiale. Dans ce cas, ils ne possèdent pas d'énergie potentielle de déformation élastique. L'énergie qu'ils ont reçue a été transformée en chaleur.

### L'énergie cinétique

Cette énergie est celle que possède un corps qui se déplace. Un skieur, une voiture, un vélo ou tout corps lancé a une vitesse  $v$ . L'énergie cinétique représente la travail qu'il a fallu fournir pour accélérer le corps de l'arrêt jusqu'à sa vitesse actuelle. Cette énergie est proportionnelle à la masse du corps qui se déplace et au carré de sa vitesse:  $E_{cin} = \frac{1}{2} m v^2$ .

Unités:  $1 \text{ [J]} = 1 \text{ [kg]} \cdot (1 \text{ [m]} / 1 \text{ [s]})^2$ .

#### **Exemple:**

Une voiture roulant à 72 km/h (= 20 m/s), ayant une masse de 1 tonne, a une énergie cinétique de:  $E_{cin} = \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot (20 \text{ m/s})^2 = 200'000 \text{ J}$ .

A la même vitesse, une voiture de 2 tonnes a une énergie cinétique double.

A une vitesse double (144 km/h), la voiture de 1 tonne a une énergie cinétique 4 fois plus grande.

Lors d'un accident, l'énergie cinétique se transforme brutalement en d'autres formes d'énergie (travail de déformation, chaleur). C'est pourquoi, de nos jours, l'avant des véhicules est plutôt mou (facilement déformable) pour absorber cette énergie cinétique, alors que l'habitacle est relativement rigide.

Remarque: un objet en rotation possède aussi de l'énergie cinétique. Par exemple, l'énergie cinétique de rotation d'une meule permet d'aiguiser les lames.

### Se fatiguer sans travailler

Lorsqu'un promeneur se déplace à plat ou, qu'immobile, il porte une valise, il ressent une fatigue.

Pourtant, en physique, dans ces cas, on considère le travail mécanique effectué comme nul. En effet, le déplacement est soit horizontal (donc perpendiculaire à la force de pesanteur), soit nul !

Si on regarde de près, on peut comprendre le paradoxe. Pour marcher, la personne doit soulever un pied, puis un autre. Ses muscles travaillent pour soulever le poids des jambes. En théorie, le promeneur pourrait récupérer le travail fourni à la retombée des jambes. Cependant, il est impossible de se laisser aller ainsi. Au contraire, les muscles doivent toujours se contracter et lutter contre la pesanteur et contre les frottements.

Il en est de même lorsqu'il porte une charge. Les muscles étirés se contractent, raccourcissent et ainsi se fatiguent, bien qu'ils ne fournissent aucun travail mécanique.

Globalement, il ne faut donc pas confondre travail mécanique et fatigue. Pour porter la valise, il suffirait de la poser sur un support, et pour suppléer à la marche, on pourrait imaginer supprimer les frottements et glisser sur une surface parfaitement lisse, un lac gelé par exemple. Pour s'y déplacer de la même distance que notre promeneur, il n'y aurait nul besoin d'effectuer un travail mécanique.