

# Etude énergétique des systèmes mécaniques

## 1. Travail d'une force

L'effet d'une force dépend de la valeur de cette force et du déplacement de son point d'application. Le travail est la grandeur qui permet de mesurer cet effet.

### 1. travail d'une force constante

On considère un projectile ponctuel lancé en l'air vers le haut. Durant la montée, le poids s'oppose au mouvement. Durant la descente, le poids favorise le mouvement.

On dit que le travail est résistant à la montée et moteur à la descente.

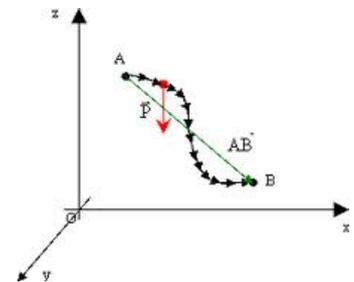
Le travail  $W_{AB}(\vec{F})$  de la force  $\vec{F}$  constante pour un déplacement de son point d'application de A à B est :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$$

W s'exprime en Joules (J)

F s'exprime en Newton (N)

AB le déplacement en mètre (m)



### Exemples

#### a. Le travail du poids.

Dans le repère précédent le poids a pour coordonnées :

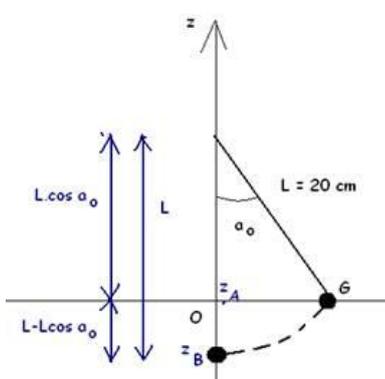
et le vecteur  $\vec{AB}$  a pour coordonnées :

Le travail du poids s'écrit alors  $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} =$

Si  $z_A > z_B$  alors le travail est positif, il est dit moteur.

Si  $z_A < z_B$  alors le travail est négatif, il est dit résistant.

#### b. Le travail du poids de la bille dans le cas du pendule simple.



$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} =$$

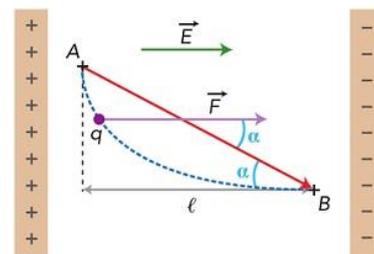
### c. Le travail d'une force électrostatique

Dans un champ électrostatique uniforme, pour une particule se déplaçant d'un point A à un point B, le travail de la force électrostatique est donné par :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = q.E.AB.\cos(\alpha)$$

Or  $E = \frac{U_{AB}}{l}$  et  $l = AB.\cos(\alpha)$  donc :

$$W_{AB}(\vec{F}) = q.U_{AB}$$



Le travail s'exprime en Joule (J), la charge q en Coulomb (C) et la tension électrique entre les points A et B en volt (V).

#### 2. force conservative

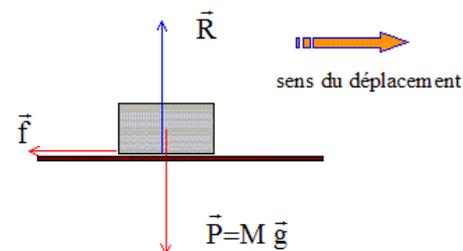
Le travail d'une force conservative ne dépend que des positions de son point de départ et de son point d'arrivée et non pas du chemin suivi. Par exemple, le poids et la force électrique sont des forces conservatives.

#### 3. force non conservative

Le travail d'une force de frottement f, de valeur constante, qui s'exerce sur un objet en mouvement rectiligne, du point A au point B, est donnée par l'expression :

$$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{AB} = -f.AB < 0$$

f s'exprime en Newton (N), AB la distance s'exprime en mètre (m).



Le travail de la force de frottement dépend du chemin suivi, la force de frottement est une force non conservative.

## 2. Forces conservatives et énergies potentielles

### 1. Cas de la pesanteur

Le travail du poids entre deux points A et B, comme dans la 1<sup>ère</sup> partie, s'écrit :

$$W_{AB}(\vec{P}) = mgz_A - mgz_B$$

Or, en 1<sup>ère</sup> on a défini l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp} = m.g.z$ , donc le travail du poids s'écrit  $W_{AB}(\vec{P}) = -(mgz_B - mgz_A) = -\Delta E_{pp}$

Le travail du poids est donc l'opposé de la variation d'énergie potentielle. Entre ces deux points.

## 2. Cas de la force électrostatique

Le travail de la force électrostatique entre A et B s'écrit  $W_{AB}(\vec{F}) = q.U_{AB}$

La tension  $U_{AB}$  est aussi appelée différence de potentiel et peut s'écrire  $U_{AB} = V_A - V_B$ ,  
 $V$  désignant le potentiel (V).

Alors le travail s'écrit  $W_{AB}(\vec{F}) = q.U_{AB} = q.V_A - q.V_B = -(q.V_B - q.V_A) = -(E_{pé,B} - E_{pé,A})$

Par analogie avec le cas de la pesanteur, on peut définir une énergie potentielle électrique  $E_{pé} = q.V$ .

Le travail de la force électrostatique exercée entre deux points est l'opposé de la variation de son énergie potentielle électrique.

## 2. Conservation de l'énergie mécanique

### 1. Energie cinétique de translation

L'énergie cinétique  $E_c$  d'un objet de masse  $m$  animé d'une vitesse  $v$  s'écrit :

$$E_c = \frac{1}{2} m.v^2$$

$E_c$  l'énergie cinétique s'exprime en Joule.

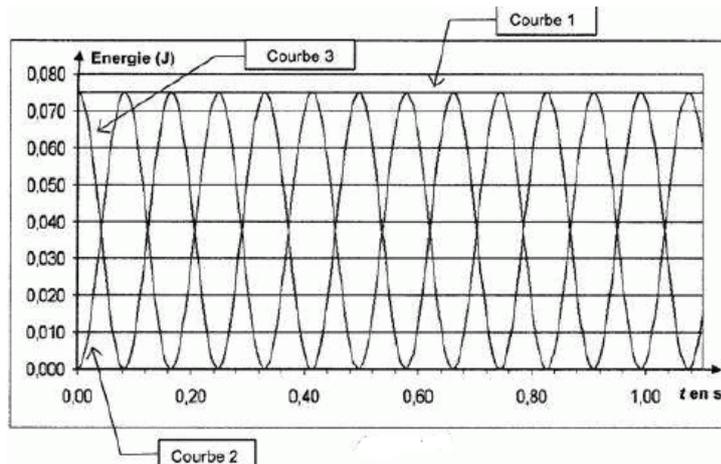
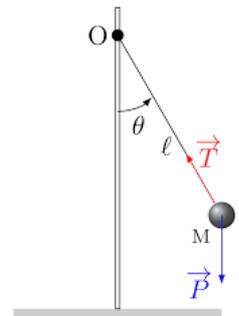
$v$  la vitesse s'exprime en m/s.

$m$  la masse s'exprime en kg.

### 2. Le système {pendule simple} (cf TP Oscillateurs)

En Tp, on a étudié le mouvement d'oscillations périodiques d'un pendule. On a repéré la position de la masse  $M$  au cours du temps en faisant un pointage de la position à intervalles de temps réguliers. A l'aide du logiciel Latispro, on a tracé les courbes de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle de pesanteur et de l'énergie mécanique.

Si à l'instant initial, le solide est écarté de sa position initiale et lâché sans vitesse initiale. Sur le graphique suivant identifier les courbes 1, 2 et 3.



On a pu observer que lorsque le système n'est soumis qu'à des forces conservatives (ou à des forces conservatives dont le travail est nul) alors son énergie mécanique  $E_m$  se conserve. Autrement dit, la variation de son énergie mécanique est nulle :

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p = 0$$

### 3. Non conservation de l'énergie mécanique en présence de frottements

En présence de frottements, l'énergie mécanique diminue continuellement à partir de sa valeur initiale car l'amplitude des oscillations diminue.

Lorsqu'un système est soumis à des forces conservatives et à des forces non conservatives qui travaillent, son énergie mécanique  $E_m$  ne se conserve pas, sa variation est égale au travail des forces non conservatives.

$$\Delta E_m = W(\vec{f})$$

Où  $\vec{f}$  est la résultante des forces non conservatives.

Les frottements sont dits dissipatifs car ils sont à l'origine de la diminution de l'énergie mécanique. Il est impossible d'utiliser un tel système pour définir la seconde car son mouvement n'est pas rigoureusement périodique.