

# Chapitre 10 : Travail et énergie

## Connaissances et compétences :

- Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence les différents paramètres influençant la période d'un oscillateur mécanique et son amortissement.
- Etablir et exploiter les expressions du travail d'une force constante (force de pesanteur, force électrique dans le cas d'un champ uniforme).
- Etablir l'expression du travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne.
- Analyser les transferts énergétiques au cours d'un mouvement d'un point matériel.
- Pratiquer une démarche expérimentale pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un oscillateur.

## I. Travail d'une force

### 1. Travail d'une force constante

⇒ Activité documentaire 1 p184 : « Travail d'une force »

En physique, le travail est une grandeur algébrique qui permet d'évaluer *l'effet d'une force sur l'énergie* d'un objet en mouvement. Le travail constitue un *mode de transfert* de l'énergie. Il s'exprime en **joule** (J).

Le travail d'une force  $\vec{F}$  constante, lors du déplacement rectiligne de son point d'application de A vers B, se note  $W_{AB}(\vec{F})$ .

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

$W_{AB}(\vec{F})$  s'exprime en joule (J).  $\vec{F} \cdot \overline{AB}$  désigne le produit scalaire des vecteurs force  $\vec{F}$  et déplacement  $\overline{AB}$ .  $F$  est l'intensité de la force en newton (N),  $AB$  la longueur du déplacement en mètre (m) et  $\alpha$  l'angle formé par les vecteurs  $F$  et  $AB$ .

Le travail  $W_{AB}(\vec{F})$  est une grandeur **algébrique** dont le signe est déterminé par la valeur de  $\alpha$  ( $F$  et  $AB$  étant toujours positives).

Si  $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ , alors  $W_{AB}(\vec{F}) > 0$  : le travail est **moteur** et la force favorise le déplacement.

Si  $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ , alors  $W_{AB}(\vec{F}) < 0$  : le travail est **résistant** et la force s'oppose au déplacement.

Si  $F$  est perpendiculaire au déplacement  $AB$ , ou si son point d'application ne se déplace pas, alors la force ne travaille pas :  $W_{AB}(\vec{F}) = 0$ .

### 2. Travail de la force de pesanteur

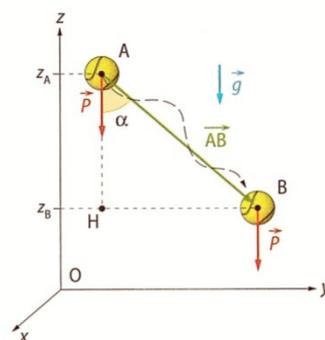
⇒ AE : « Travail dans le champ de pesanteur »

Le travail de la force de pesanteur exercée sur un corps de masse  $m$  se déplaçant de A vers B dans un champ de pesanteur d'intensité constante  $g$  a pour expression :

$$W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

$W_{AB}(\vec{P})$  s'exprime en joule (J),  $g$  en  $m \cdot s^{-2}$ ,  $m$  en kg ;  $z_A$  et  $z_B$  en m.

Une force est dite **conservative** lorsque le travail qu'elle produit est **indépendant** du **chemin** suivi par son point d'application. La force de pesanteur est donc conservative.

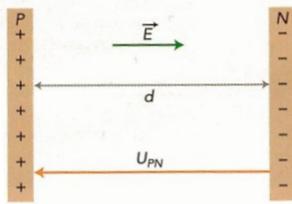


### 3. Travail d'une force électrostatique

⇒ Activité expérimentale 2 p185 : « Potentiels et énergie potentielle dans un condensateur plan »

Lorsqu'une particule de charge  $q$  se déplace d'un point A à un point B dans un champ électrostatique uniforme  $\vec{E}$ , la travail de la force électrostatique est donné par la relation :

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



On a vu en lèreS que la valeur du champ électrostatique entre deux armatures P et N s'écrit :  $E = \frac{U_{PN}}{d}$

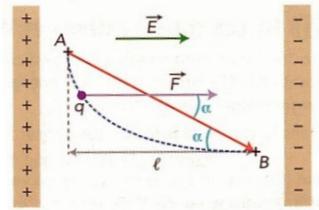
On a alors :  $\ell = AB \cdot \cos \alpha$  et  $W_{AB}(\vec{F}) = q \cdot E \cdot \ell = q \cdot U_{AB}$

Une particule de charge  $q$  placée dans un champ électrostatique uniforme  $\vec{E}$  est soumise à une force électrostatique  $\vec{F}$ . Lorsque cette particule se déplace d'un point A à un point B, le travail de la force à laquelle elle est soumise est donné par la relation :

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

$W_{AB}(\vec{P})$  s'exprime en joule (J),  $q$ , la charge de la particule, en coulomb (C) et  $U_{AB}$ , la tension électrique entre les points A et B, en volt (V).

Le travail de cette force électrostatique est indépendant du chemin suivi. Elle est donc **conservative**.



#### 4. Travail d'une force de frottement

$\Rightarrow AE$  : « Travail dans le champ de pesanteur »

Si un solide est soumis à une **force de frottement d'intensité constante**  $f$  (en N) constamment **opposée** à sa vitesse, le travail de cette force, lors d'un déplacement est toujours **résistant** :

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

$\vec{f}$  et  $\vec{AB}$  sont colinéaires et de sens opposés ( $\alpha = 180^\circ$ ).

Une force de frottement est **non conservative**. Son sens, toujours contraire au mouvement, change avec celui du vecteur vitesse. Par conséquent, le travail qu'elle fournit dépend du chemin suivi par son point d'application.

## II. Transferts énergétiques

### 1. Forces conservatives et énergie potentielle

$\Rightarrow$  *Activité expérimentale 2 p185* : « Potentiels et énergie potentielle dans un condensateur plan »

A toute **force conservative**, on associe une énergie appelée **énergie potentielle**. On définit ainsi une énergie potentielle de pesanteur, une énergie potentielle électrique, ...

Dans le cas de la force de pesanteur, en prenant à l'altitude choisie comme référence  $E_{pp} = 0$ , on a par définition,  $E_{pp} = m \cdot g \cdot z$  et  $\Delta E_{ppA \rightarrow B} = E_{ppB} - E_{ppA}$ .

L'expression du travail de la force de pesanteur s'écrit alors :

$$W_{AB}(\vec{P}) = -\Delta E_{ppA \rightarrow B}$$

Le travail d'une force traduit donc une **variation d'énergie**.

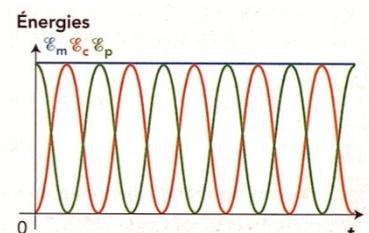
Cette propriété est générale : la **variation d'énergie potentielle** d'un système se déplaçant d'un point A à un point B est égale à **l'opposé du travail** effectué par les forces conservatives de somme  $\vec{F}$  qui s'exercent sur ce système :

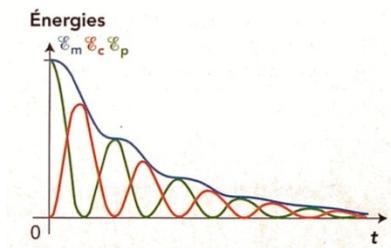
$$\Delta E_p = E_{pB} - E_{pA} = -W_{AB}(\vec{F})$$

### 2. Conservation de l'énergie mécanique

$\Rightarrow$  *Activités expérimentales 3 p186 + 4 p187*

Lorsqu'un système est soumis à des **forces conservatives** et/ou à des forces non conservatives dont le **travail est nul**, son énergie mécanique  **$E_m$  se conserve**. Lorsqu'il y a conservation de l'énergie mécanique, il y a transfert total de l'énergie potentielle en énergie cinétique ou inversement.





Lorsqu'un système est soumis à des forces conservatives et/ou 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**. Lorsqu'il y a non-conservation de l'énergie mécanique, il y a transfert partiel de l'énergie potentielle en énergie cinétique ou inversement.