

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 α 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 α (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

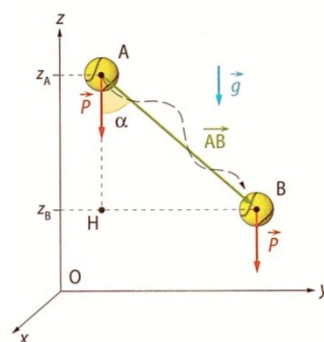
⇒ AE : « Travail dans le champ de pesanteur »

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.

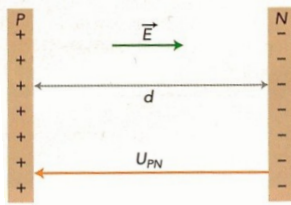


3. Travail d'une force électrostatique

⇒ 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 : $E = \frac{U_{PN}}{d}$

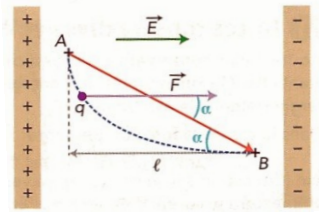
On a alors : $\ell = AB \cdot \cos \alpha$ et $W_{AB}(\vec{F}) = q \cdot E \cdot \ell = q \cdot U_{AB}$

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**.

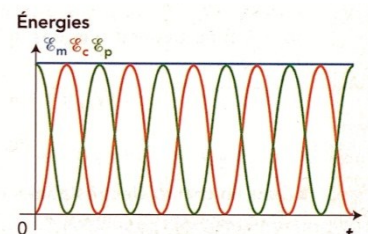
Cette propriété est générale : la **variation d'énergie potentielle** d'un système se déplaçant d'un point A à un point B est égale à **l'opposé du travail** effectué par les forces conservatives de somme \vec{F} qui s'exercent sur ce système :

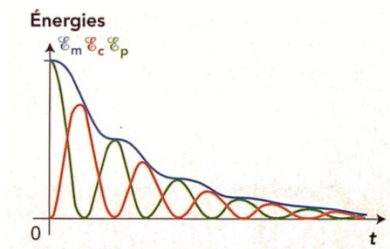
$$\Delta E_p = E_{pB} - E_{pA} = -W_{AB}(\vec{F})$$

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.