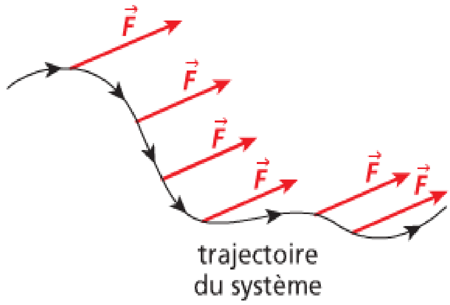
CHAPITRE 10 : TRAVAIL ET ENERGIE

I. Travail d'une force

1. Transfert d'énergie par travail mécanique

Un automobiliste exerçant sur sa voiture (en panne) une force F supposée constante au cours du temps donne de la vitesse au véhicule : la voiture acquiert donc de l'énergie (sous forme d'énergie cinétique) quand, simultanément, l'automobiliste en perd (sous forme d'énergie biochimique). Ce transfert d'énergie est le travail de la force F .

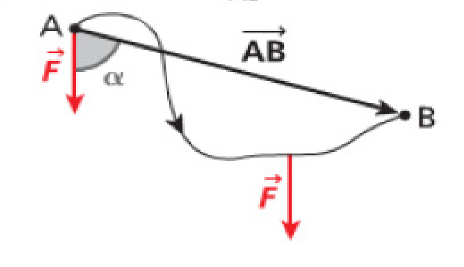
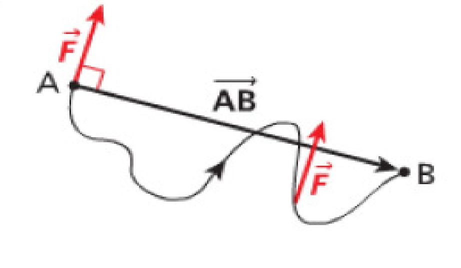
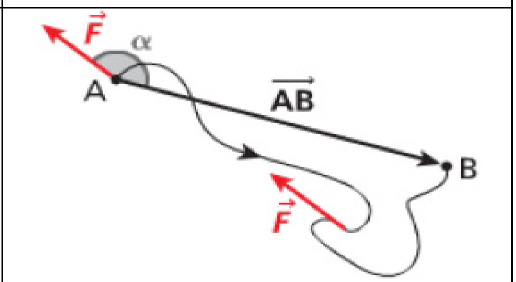
2. Travail d'une force constante



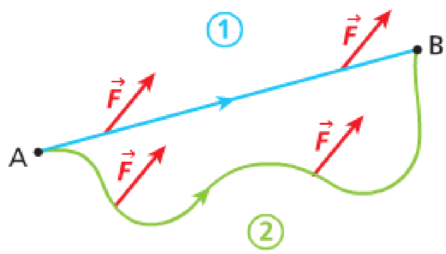
La force F subie par un système en mouvement est constante si, en chaque point, elle garde mêmes direction, sens et valeur. Dans ce cas, son travail sur un déplacement du système d'un point A vers un point B est donné par le produit scalaire :

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right)=\vec{F}\cdot\overrightarrow{AB}=F\times AB\times\cos\left(\vec{F},\overrightarrow{AB}\right)$$

Le travail s'exprime en joules (J) si la valeur de la force est en newtons (N) et la distance AB en mètres (m). Il s'agit d'une grandeur algébrique.

$W_{AB}\left(\vec{F}\right)>0$	$W_{AB}\left(\vec{F}\right)=0$	$W_{AB}\left(\vec{F}\right)<0$
$0\leq\left(\vec{F},\overrightarrow{AB}\right)<\frac{\pi}{2}(ou\,90°)$	$\left(\vec{F},\overrightarrow{AB}\right)=\frac{\pi}{2}(ou\,90°)$	$\frac{\pi}{2}(ou\,90°)<\left(\vec{F},\overrightarrow{AB}\right)\leq\pi(ou\,180°)$
La force favorise le déplacement	La force n'a pas d'effet sur le déplacement	La force gêne le déplacement
Le travail est moteur	Le travail est nul	Le travail est résistant
Cas du poids lors d'une descente	Cas du poids lors d'un déplacement horizontal	Cas du poids lors d'une montée
		

3. Force conservative ou non conservative



$W_{AB}(\vec{F})_{trajet\,①}=W_{AB}(\vec{F})_{trajet\,②}$

Une force est dite **conservative** si son travail entre deux points A et B quelconques ne dépend pas de la trajectoire suivie entre ces deux points.

Toutes les forces constantes sont conservatives : le poids (dans un champ de pesanteur uniforme), la force électrique (dans un champ électrostatique uniforme), mais aussi d'autres forces non constantes (force de rappel élastique d'un ressort).

Dans le cas d'une trajectoire fermée (c'est-à-dire si le système revient à son point de départ), le travail d'une force conservative est nulle.

Rq : Les forces de frottements ou la force de tension d'un fil sont des forces non-conservatives.

$W_{AB}(\vec{f})_{trajet\,①}\neq W_{AB}(\vec{f})_{trajet\,②}$

II. Travaux de quelques forces

1. Travail du poids dans un champ de pesanteur uniforme

Le poids exercé sur cet objet est une force constante, P =mg

Le travail du poids a pour expression : $W_{AB}\left(\vec{P}\right)=\vec{P}\cdot\overrightarrow{AB}=m\vec{g}\cdot\overrightarrow{AB}$

Dans le repère $\left(O;\vec{i},\vec{j},\vec{k}\right)$, associé au référentiel terrestre, si l'axe (Oz) est un axe vertical ascendant,

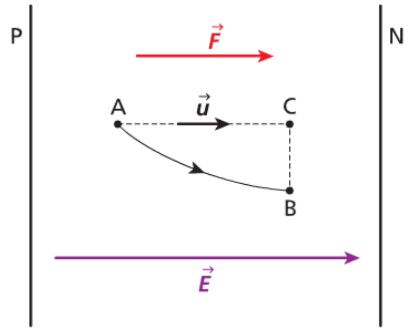
$$\vec{g}\begin{cases}0\\0\\-g\end{cases} \quad \text{et} \quad \overrightarrow{AB}\begin{cases}x_B-x_A\\y_B-y_A\\z_B-z_A\end{cases}$$

Dans ce cas,

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

2. Travail de la force électrique en champ électrostatique uniforme

Entre deux plaques P et N d'un condensateur plan règne un champ électrostatique uniforme perpendiculaire aux plaques. Une particule de charge q en mouvement entre les deux plaques est soumise à la force électrique. F= qE



$q > 0$ et $U_{AB} > 0$

Entre deux points A et B, la force électrique est constante, donc conservative et son travail sur le trajet ne dépend pas du chemin suivi. Il peut donc être calculé en passant par le point C,

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right)=\vec{F}\cdot\overrightarrow{AB}=\vec{F}\cdot\overrightarrow{AC}+\vec{F}\cdot\overrightarrow{CB}$$

$$E=\frac{U_{AC}}{AC}=\frac{U_{AB}}{AC}, \quad \text{d'où} \quad W_{AB}\left(\vec{F}\right)=qU_{AB}$$

3. Travail d'une force de frottements d'intensité constante - trajectoire rectiligne

Une force de frottements f n'est pas conservative. Ainsi, le travail de cette force de A vers B dépend du chemin emprunté : plus il est long, plus le système perd de l'énergie par transfert thermique vers l'extérieur, assuré par le travail de la force de frottements.

Sur une trajectoire rectiligne, une force de frottements d'intensité constante a même direction (celle du déplacement) et même sens (opposé au déplacement) à chaque instant. Il vient,

$$W_{AB}\left(\vec{f}\right)=\vec{f}\cdot\overrightarrow{AB}=-f\times AB$$

Rq : Ce travail est négatif : il réalise un transfert thermique vers l'extérieur.

III. Conservation de l'énergie mécanique (Rappels de 1S p.84)

1. Energies potentielles associées à des forces conservatives

Le travail d'une force conservative ne dépend pas du chemin suivi, mais uniquement des positions du point de départ et du point d'arrivée. Du fait de cette caractéristique, il peut être défini comme la variation d'une grandeur du système appelée énergie potentielle.

Une bille au sommet d'une pente roule jusqu'en bas : elle accusait une réserve d'énergie, liée à sa position et à une force conservative, qui va être utilisée par le travail de cette force lorsque le corps se déplace. Cette énergie a le **potentiel** de **se transformer en énergie cinétique**.

Et l'énergie potentielle entre deux points est égale à l'opposé du travail de la force F

$$\boxed{\Delta E_p=E_p(B)-E_p(A)=-W_{AB}\left(\vec{F}\right)}$$

Exemple :

$$\Delta E_{pp}=E_{pp}(B)-E_{pp}(A)=mg\left(z_A-z_B\right)=mgz+cste$$

2. Energie mécanique et transferts

L'énergie mécanique d'un système est égale à la somme de son énergie cinétique Ec et de ses énergies potentielles Ep associées aux forces conservatives, $E_m= E_c + E_{pp} + E_{pe} + \ldots$

La variation de l'énergie mécanique d'un système, est égale à la somme des travaux des forces non-conservatives F_1, F_2 , etc. qu'il subit sur le trajet allant de A à B,

$$\Delta E_m=E_m(B)-E_m(A)=W_{AB}\left(\overrightarrow{F_{nc1}}\right)+W_{AB}\left(\overrightarrow{F_{nc2}}\right)\ldots$$

Si le système ne subit **que des forces conservatives** alors E_m= cste et **$\Delta E_m=0$.**