TRANSFERTS D'ÉNERGIE AU COURS DES MOUVEMENTS

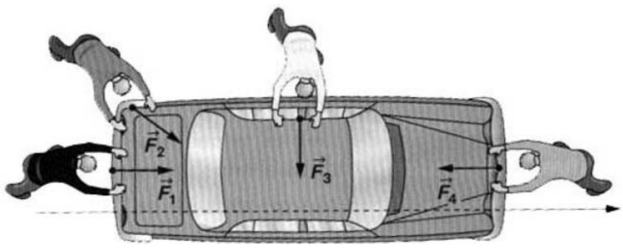
1/ TRAVAIL D'UNE FORCE :

a – Définition : activité 8.1

Le travail est un mode de transfert d'énergie. Il permet d'évaluer l'effet d'une force sur un objet en mouvement.

Exemple :

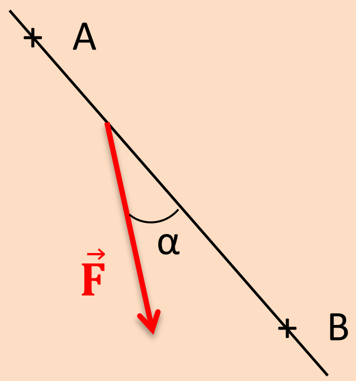
Le travail de la force $\vec{F}$ exercée par l'automobiliste pour déplacer sa voiture permet de transférer de l'énergie musculaire (biochimique) en énergie cinétique pour la voiture.
Pour une intensité donnée, cette force n'aura pas la même efficacité sur le mouvement de la voiture suivant son point d'application, son sens et sa direction.



Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace de A à B est égal au produit scalaire de $\vec{F}$ et du vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$:

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

- $W_{AB}(\vec{F})$ s'exprime en joule (J)
- F s'exprime en newton (N)
- AB s'exprime en mètre (m)
- α désigne l'angle entre les vecteurs $\vec{F}$ et $\overrightarrow{AB}$



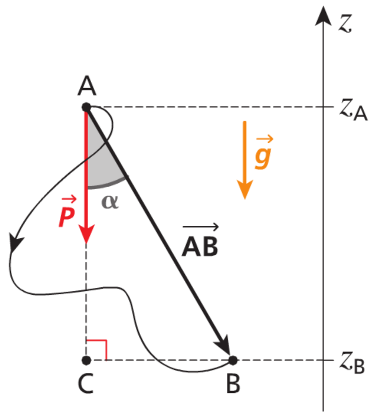
<u>Le travail est une grandeur algébrique dont le signe est déterminé par la valeur de α :</u>

- **si $0° \leq \alpha < 90°$ alors $W_{AB}(\vec{F}) > 0$: le travail est moteur et la force favorise le déplacement**
- **si $90° < \alpha \leq 180°$ alors $W_{AB}(\vec{F}) < 0$: le travail est résistant et la force s'oppose au déplacement**
- **si $\alpha = 90°$ alors $W_{AB}(\vec{F}) = 0$: la force ne travaille pas et n'a aucune action sur le déplacement**

b – Travail d'une force conservative :

Une force est conservative si son travail $W_{AB}(\vec{F})$ entre A et B ne dépend pas du chemin suivi. **Exemples :**

➢ **Travail du poids :**



Un objet de masse m parcourt un déplacement quelconque entre deux points A et B dans un champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$:

Lors de son mouvement, l'objet est soumis à la force de pesanteur (poids) : $\vec{P} = m.\vec{g}$

Le travail du poids $\vec{P}$ entre A et B vaut : $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \bullet \vec{AB} = mg \times AB \times \cos\alpha$

Autre expression de $W_{AB}(\vec{P})$:

Sachant que $\cos\alpha = AC/AB$ alors $AB \times \cos\alpha = AC$

Par ailleurs : $AC = z_A - z_B$

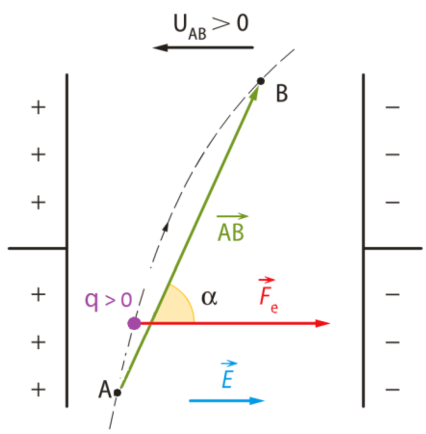
On en déduit une autre expression pour le travail du poids : $\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = mg \times (z_A - z_B)}$

Remarques:

- la valeur de $W_{AB}(\vec{P})$ est indépendante du chemin suivi (elle ne dépend que des altitudes initiale et finale)
- le poids peut être moteur, résistant ou sans effet sur le mouvement suivant la valeur et le signe de $(z_A - z_B)$
- le travail du poids peut s'exprimer en fonction des énergies potentielles en A et en B : $W_{AB}(\vec{P}) = E_p(A) - E_p(B)$
  (on retrouve donc bien que le travail du poids permet de faire varier l'énergie du système)

➢ **Travail d'une force électrique :**

Une particule de charge q parcourt un déplacement quelconque entre deux points A et B dans un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$:



Lors de son mouvement, la particule est soumise à la force électrique : $\vec{F_e} = q.\vec{E}$
- la charge q s'exprime en coulomb (C)
- l'intensité du champ électrique E s'exprime en volt par mètre ($V.m^{-1}$)

Le travail de $\vec{F_e}$ entre A et B vaut : $W_{AB}(\vec{F_e}) = \vec{F_e} \bullet \vec{AB} = q \times \vec{E} \bullet \vec{AB}$

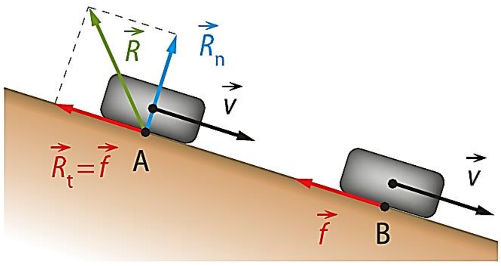
On peut montrer (supérieur) que : $\vec{E} \bullet \vec{AB} = U_{AB}$

On en déduit alors que $W_{AB}(\vec{F_e}) = q \times U_{AB}$ et donc que $W_{AB}(\vec{F_e})$ est indépendante du chemin suivi. La force électrique $\vec{F_e}$ est donc une force conservative.

c – Travail d'une force non conservative :

Lorsqu'un solide est en mouvement sur un support ou à l'intérieur d'un fluide (ex : air, eau), il est soumis à une action mécanique de la part de ce dernier appelée force de frottement, dont la direction est la même que celle du déplacement mais de sens opposé. Les forces de frottement ne sont pas conservatives car leur travail dépend du chemin suivi.

Dans le cas d'un contact avec un support, la force $\vec{R}$ modélisant la réaction du support peut être décomposée en une composante normale $\overrightarrow{R_N}$ et une composante tangentielle $\overrightarrow{R_T}$:



- la composante normale $\overrightarrow{R_N}$ modélise l'action du support qui empêche le solide de s'enfoncer
- la composante tangentielle $\overrightarrow{R_T}$ modélise les frottements : $\overrightarrow{R_T} = \vec{f}$

La force de frottement ayant un sens opposé à celui du déplacement, son travail est toujours résistant (<0) : $W_{AB}(\vec{f}) = f \times AB \times \cos 180 = - f \times AB$

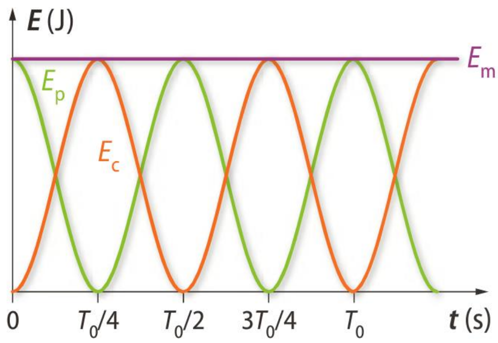
2/ Relations entre les différentes formes d'énergie : activité 8.2

a – Mouvement avec forces conservatives :

Lorsqu'un objet n'est soumis qu'à des forces conservatives (pas de frottement), son énergie mécanique $\mathbf{E_m}$ se conserve au cours du mouvement : $\mathbf{E_m = E_c + E_p = cste}$

<u>Rappels :</u> $\mathbf{E_c = ½.m.v^2}$: énergie cinétique en joule (J)
$\mathbf{E_P = m.g.z}$: énergie potentielle en joule (J)

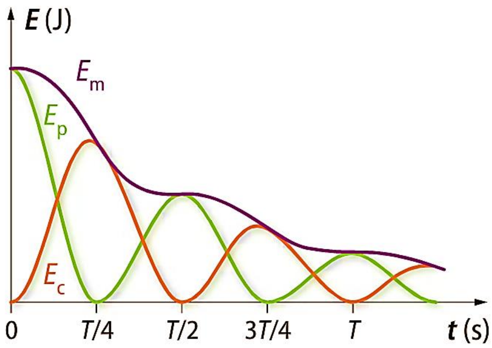
Dans ce cas, sa variation est nulle au cours du mouvement : $\Delta E_m = 0$
$\Leftrightarrow \Delta E_c + \Delta E_P = 0$
$\Leftrightarrow \Delta E_c = - \Delta E_P$



Il s'en suit que lorsqu'un objet n'est soumis qu'à des forces conservative, son mouvement consiste en un transfert d'énergie cinétique en énergie potentielle et vice versa. C'est le cas par exemple des oscillations d'un pendule entretenu (voir ci-contre).

b – Mouvement avec forces non conservatives :

Lorsqu'un objet n'est soumis qu'à des forces de frottement (non conservatives) son énergie mécanique E_m diminue au cours du mouvement et se dissipe sous forme d'énergie thermique.
La variation d'énergie mécanique entre deux points A et B est égale au travail des forces de frottement : $\mathbf{\Delta E_m = W_{AB}(\vec{f})}$



C'est le cas par exemple des oscillations d'un pendule non entretenu. Les horloges mécaniques doivent donc contenir un système permettant de transférer de l'énergie pour compenser les pertes dues au travail des forces de frottement :

EXERCICES : n°4,9,12,13,19,22,25 p190/195 et lire « préparer le Bac » p196 et p212