P8. Travail et énergie
Cours

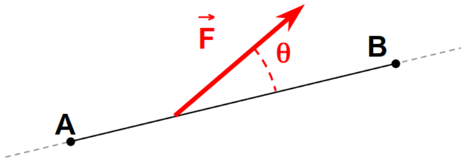
I Travail et puissance d'une force

Travail mécanique d'une force

Une force est constante lorsque son intensité, sa direction et son sens ne varient pas au cours du temps.

L'effet d'une force sur un système dépend :

- de la valeur de cette force
- de la longueur du déplacement de son point d'application
- de la direction de cette force par rapport à son déplacement.



Le **travail** d'une force constante $\vec{F}$ s'exerçant sur un corps et dont le point d'application se déplace de A à B est noté $W_{AB}(\vec{F})$ correspond à l'énergie transférée à ce corps. Il est défini par :

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

$\vec{F}.\vec{AB}$ est le **produit scalaire** des vecteurs $\vec{F}$ et $\vec{AB}$.

Il se calcule par :

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = \|\vec{F}\|.\|\vec{AB}\|.\cos(\vec{F},\vec{AB})}$$

F en N, AB en m et ($\vec{F}$,$\vec{AB}$) l'angle entre $\vec{F}$ et $\vec{AB}$

Le travail s'exprime en **Joule (J)**.

Remarque : Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ ne dépend pas du trajet suivi pour aller de A à B : le travail ne dépend que de la position des points A et B.

La force $\vec{F}$ est dite **motrice** lorsqu'elle agit dans le sens du déplacement $\vec{AB}$:
L'angle ($\vec{F}$,$\vec{AB}$) < 90° donc 0 < cos ($\vec{F}$,$\vec{AB}$) < 1.
Le travail est alors moteur : $W_{AB}(\vec{F})$ > 0.
Le corps sur lequel s'exerce la force $\vec{F}$ reçoit de l'énergie.

La force $\vec{F}$ est dite **résistante** lorsqu'elle agit dans le sens contraire du déplacement $\vec{AB}$:
L'angle ($\vec{F}$,$\vec{AB}$) > 90° donc -1 < cos ($\vec{F}$,$\vec{AB}$) < 0.
Le travail est alors résistant : $W_{AB}(\vec{F})$ < 0.
Le corps sur lequel s'exerce la force $\vec{F}$ perd (cède) de l'énergie.

Lorsque la force $\vec{F}$ est perpendiculaire au déplacement $\vec{AB}$, le travail est nul :
L'angle ($\vec{F}$,$\vec{AB}$) = 90° donc cos ($\vec{F}$,$\vec{AB}$) = 0 d'où $W_{AB}(\vec{F})$ = 0.
La force $\vec{F}$ ne transfère aucune énergie au corps.

Puissance d'une force

On définit la **puissance** moyenne $\mathcal{P}$ d'une force constante $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace de A à B pendant la durée Δt par :

$$\boxed{\mathcal{P} = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{\Delta t}}$$

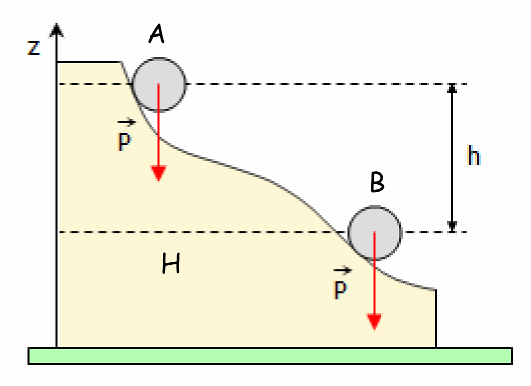
W en J, Δt en s

La puissance s'exprime en **Watt (W)**.

On peut donc écrire $\mathcal{P} = \dfrac{\vec{F}.\vec{AB}}{\Delta t}$ d'où $\boxed{\mathcal{P} = \vec{F}.\vec{v}}$ où $\vec{v}$ est le vecteur vitesse moyenne entre A et B.

Le signe de la puissance d'une force est le même que le signe du travail de cette force.

II Travail du poids



Le travail du poids, au cours d'un déplacement du centre de gravité d'une position A en une position B s'exprime :

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}.\vec{AB} = \vec{P}.(\vec{AH}+\vec{HB}) = \vec{P}.\vec{AH}+\vec{P}.\vec{HB} = \vec{P}.\vec{AH} \quad \text{car} \quad \vec{P}.\vec{HB}=0$$

d'où $\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = mg\,(z_A - z_B)}$

Dans un mouvement de descente, $z_A > z_B$, le travail du poids est moteur : $W_{AB}(\vec{P})>0$

Dans un mouvement de montée, $z_A < z_B$, le travail du poids est résistant : $W_{AB}(\vec{P})<0$

III Energie cinétique

Un solide de masse m en translation dans un référentiel où la vitesse de son centre d'inertie est $\vec{v}$ possède une énergie cinétique, notée Ec :

$$\boxed{Ec = \frac{1}{2} m v^2}$$

m en kg et v en $m.s^{-1}$; Ec en J

Comme la vitesse, l'énergie cinétique dépend du référentiel dans lequel est étudié le mouvement.

La variation d'énergie cinétique d'un solide dont le centre d'inertie passe d'un point A à un point B s'exprime :

$\Delta Ec = Ec(B) - Ec(A)$

Théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un solide en translation dont le centre d'inertie passe d'un point A à un point B est égale à la somme des travaux des forces extérieures qui s'exercent sur ce solide.

On peut écrire $\boxed{\Delta Ec = \Sigma W_{AB}(\vec{F}_{ext})}$ c'est-à-dire $\Delta Ec(B) - Ec(A) = \Sigma W_{AB}(\vec{F}_{ext})$

Remarque : Si $\Sigma W_{AB}(\vec{F}_{ext}) > 0$ alors $\Delta Ec > 0$ donc $v_B > v_A$: Si le travail est moteur, la vitesse augmente.
Si $\Sigma W_{AB}(\vec{F}_{ext}) < 0$ alors $\Delta Ec < 0$ donc $v_B < v_A$: Si le travail est résistant, la vitesse diminue.

IV Énergie potentielle de pesanteur

Un objet situé en altitude peut acquérir une vitesse de chute d'autant plus grande que la hauteur de chute est importante. Du fait de son altitude, ce corps possèd une énergie potentielle qui peut être transformée en énergie cinétique sous l'action de l'interaction gravitationnelle avec la Terre : on l'appelle **énergie potentielle de pesanteur**.

L'énergie potentielle de pesanteur, notée Epp (ou Ep dans ce cours) d'un solide de masse m situé à l'altitude z s'exprime :

$$\boxed{Epp = mgz}$$

m en kg, g la pesanteur en $N.kg^{-1}$, z en m et Epp en Joule (J)

L'axe des altitudes z est orienté vers le haut : plus l'altitude augmente, plus l'énergie potentielle augmente.
Son origine est fixée par le repère d'étude choisi ; en général, elle est choisie au niveau du sol ou au niveau de la mer mais cette origine a peu d'importance car seule la variation d'énergie potentielle a un sens physique.

La variation d'énergie potentielle de pesanteur d'un corps dont le centre d'inertie passe d'un point A à un point B s'exprime :

$\Delta Epp = Epp(B) - Epp(A)$

Théorème de l'énergie potentielle

Δ Epp = Epp(B) – Epp(A) = mg z_B – mg z_A = - mg (z_A – z_B)

D'où $\boxed{\Delta \text{ Epp} = - W_{AB}(\vec{P})}$

La variation de l'énergie potentielle de pesanteur d'un corps dont le centre d'inertie passe du point A au point B est égale à l'opposé du travail du poids entre A et B.

V Énergie mécanique

On appelle **énergie mécanique** d'un corps, notée Em, la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur de ce corps.

$\boxed{\text{Em} = \text{Ec} + \text{Epp}}$ Ec, Epp et Em en J

Etude de la chute libre

Un solide est considéré en chute libre si et seulement si la seule force à laquelle il est soumis est son poids.

Un solide est donc considéré en chute libre si :

- la poussée d'Archimède est négligeable devant le poids : c'est-à-dire si ρ_f V g << ρ_S V g donc si la masse volumique du fluide ρ_f est négligeable devant la masse volumique de l'objet ρ_S. C'est le cas de nombreuses chutes libres dans l'air.
- Les frottements du fluide sont négligeables devant le poids : les frottements fluides varient en fonction de la vitesse, ils peuvent parfois être négligés à vitesse faible.

Pour un solide lancé en chute libre, passant d'une position A à une position B :

Ec(B) - Ec(A) = $\Sigma W_{AB}(\vec{F}_{ext})$

<=> Ec(B) - Ec(A) = $W_{AB}(\vec{P})$

<=> Ec(B) - Ec(A) = - (Epp(B) – Epp(A))

<=> Ec(B) + Epp(B) = Ec(A) + Epp(A)

<=> Em(B) = Em(A)

Lors d'un mouvement de chute libre ou lors d'un mouvement dans lequel seul le poids travail, l'énergie mécanique est constante, on dit qu'elle se conserve : Em(B) = Em(A)
Sa variation est donc nulle : Δ Em = 0