Cours SVT_S2
Chapitre-3:

Travail, énergie, puissance

Pr. Farida Fassi

Faculté des Sciences de Rabat

Travail d’une force

➢ Définition:

- ➢ **En physique**, **le travail** est une notion liée aux **forces** et aux déplacements de leurs points d’application.
- ➢ **Travail**: **l'énergie fournée par une force** lorsque son point d´application se déplace
  - ➢ **Énergie**: capacité d´un système à produire un travail

➢ Notion de force et de travail d'une force

- ➢ Une **force** peut mettre en mouvement un objet, modifier son mouvement, le maintenir en équilibre ou le déformer.
  - ➢ Une force est caractérisée par sa direction, son sens et sa valeur.
  - ➢ Lorsque ces trois caractéristiques ne varient pas au cours du temps, la force est dite constante.
- ➢ **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).**

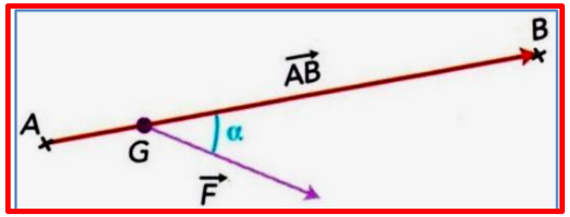
Travail d'une force constante

Définition :

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

Le travail d'une force constante $\vec{F}$ pour un déplacement rectiligne $\overrightarrow{AB}$ de son point d'application est le produit scalaire de $\vec{F}$ par $\overrightarrow{AB}$. Il est noté :

$$\boxed{W_A^B\left(\vec{F}\right) = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{\ell} = \vec{F} \int_A^B d\vec{\ell}}$$



$\int_A^B d\vec{\ell}$ est tout simplement la somme de tous les déplacements élémentaires qui mènent de A à B, c'est donc $\overrightarrow{AB}$. On a ainsi :

$$W_A^B\left(\vec{F}\right) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} \qquad \boxed{W_A^B\left(\vec{F}\right) = F \cdot AB \cdot \cos\left(\vec{F}; \overrightarrow{AB}\right)}$$

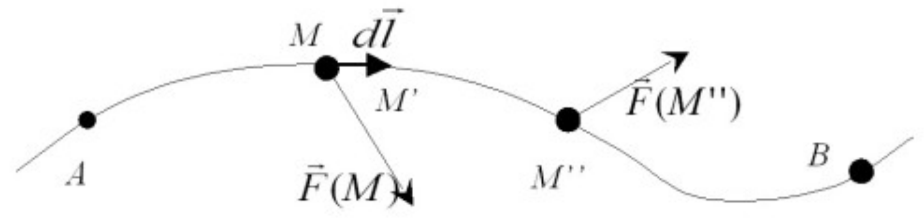
- $W_{AB}(\vec{F})$: travail exprimé en Joules (J).
- F : valeur de la force en Newton (N).
- AB : longueur du déplacement (m)
- α : angle entre $\vec{F}$ et $\overrightarrow{AB}$ (° ou rad)

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \,.\, \overrightarrow{AB} = F*AB*\cos\alpha}$$

Le travail d'une force variable

La définition différentielle du travail W d'une force $\vec{F}$ qui s'exerce sur un mobile qui effectue un déplacement $\overrightarrow{d\ell}$ est donné par :

$$dW\left(\vec{F}\right) = \vec{F} \cdot d\vec{\ell} \qquad \boxed{dW\left(\vec{F}\right) = F \cdot d\ell \cdot \cos\left(\vec{F}; d\vec{\ell}\right)}$$



$dW = \vec{F}.d\vec{l}$, ou encore en fonction du vecteur vitesse : $\vec{v} = \dfrac{d\vec{l}}{dt}$, $\boxed{dW = \vec{F}.\vec{v}.dt}$

dW : travail élémentaire en **J** ou **N.m**
F : force en **N**
dl : déplacement élémentaire en **m**

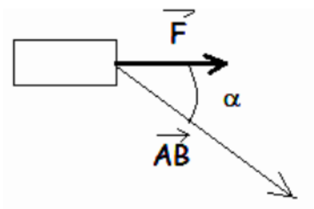
Travail moteur –Travail résistant

- **Suivant l'orientation de la force par rapport au vecteur déplacement AB, l'effet de la force est différent sur le mouvement de l'objet.**
  - **Selon la valeur de l'angle α, le travail peut être positif, négatif ou nul**

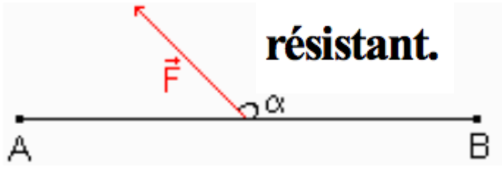
Si α<90° alors cos α >0 et **W>0 (travail positif).**
On remarque que la force va favoriser le mouvement dans le sens du déplacement $\overrightarrow{AB}$. On dit que le **travail est moteur**.

Si α>90° alors cos α <0 et **W<0 (travail négatif).**
La force va alors s'opposer au mouvement du solide, on dit qu'elle effectue un **travail résistant**.

Si **α=90°** alors cos α =0 et W=0 (**travail nul**).

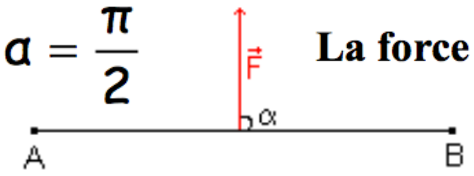


$0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ travail **moteur**



$\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi$

$\alpha = \frac{\pi}{2}$



La force n'effectue aucun travail.

- **Remarque: Si la force produit une rotation d'un angle élémentaire *d*θ alors le travail élémentaire est donné par:**

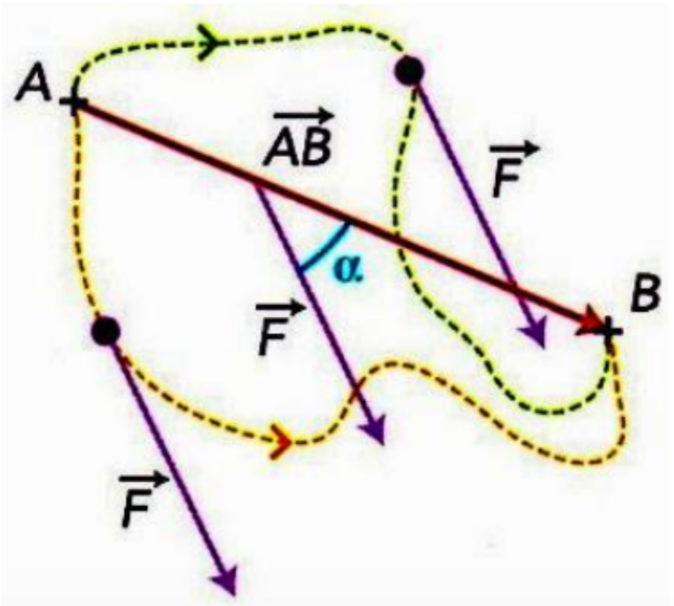
$$\boxed{dW = \vec{M}_{\vec{F}}.d\vec{\theta}, \text{ou } d\theta \text{ est l'angle élementaire de rotation}}$$

Force constante et conservative

➢**Définition** :

➢Une force est dite conservative, si le travail de cette force est indépendant du chemin suivi,

- ➢ c'est-à-dire s'il ne dépend que des positions du point de départ A et du point d'arrivée B.



Travail d’une force conservative

- Pour une **force conservative, le travail ne dépend pas du chemin** que l’on prend pour aller de 1 à 2, **mais uniquement des points 1 et 2**
  - il existe donc, associée aux points 1 et 2, une énergie que l’on appelle énergie potentielle.
    - **Definition: Le travail d’une force conservative correspond à la diminution de son énergie potentielle.**

$$\boxed{dW = -d(Ep)}$$

Ep: est appelée l'énergie potentielle (en Joules J)

$$\boxed{W_A^B = \int_A^B dW = \int_A^B -d(E_p) = E_p^A - E_p^B}$$

Propriété d'une force conservative

- Une force conservative est une force qui dérive d'une énergie potentielle.

$$\boxed{d(Ep) = -dW = -\vec{F}\cdot d\vec{l} \;\Rightarrow \vec{F} = -\overrightarrow{grad}(E_p) = -\vec{\nabla}(E_p)}$$

En coordonnées cartésiennes :

$$\boxed{\begin{gathered} d(E_p) = -(F_x\vec{i} + F_y\vec{j} + F_z\vec{k})\cdot(dx\,\vec{i} + dy\,\vec{j} + dz\,\vec{k}) \\ \frac{\partial E_p}{\partial x}dx + \frac{\partial E_p}{\partial y}dy + \frac{\partial E_p}{\partial z}dz = -(F_x dx + F_y dy + F_z dz) \end{gathered}}$$

$$\boxed{F_x = -\frac{\partial E_p}{\partial x}\;,\; F_y = -\frac{\partial E_p}{\partial y}\;,\; F_z = -\frac{\partial E_p}{\partial z}}$$

$$\boxed{\vec{\nabla}(E_p) = \frac{\partial E_p}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial E_p}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial E_p}{\partial z}\vec{k}}$$

Vecteur gradient de la fonction Ep (énergie potentielle(

Puissance

- Quantité d’énergie fournie ou consommée par unité de temps.
- **Puissance moyenne de la force:**
  - **La puissance moyenne P_m** d’une force est **le quotient du travail W** qu’elle effectue entre les points A et B par la durée Δt correspondante :

$$P_{\mathrm{m}}(\vec{F}) = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{\Delta t}$$

- **Puissance instantanéede la force:**

$$\boxed{P(t) = \frac{dW(t)}{dt}} \qquad [\,P\,] = \ Watt\ (W)$$

$$\boxed{P(t) = \vec{F}(t)\frac{d\vec{l}}{dt} = \vec{F}(t)\cdot\vec{V}(t) = F(t)V(t)\cos\theta}$$

Energie cinétique

Cette notion combine la définition du travail et le PFD appliqué pour une masse constante. La relation établie ne sera donc pas valable pour des vitesses relativistes.

(PFD) Principe Fundamental de la Dynamique : donc référentiel Galiléen et masse constante

$$\vec{F} = m\frac{d\,\vec{V}}{dt}$$

$$P = \vec{F}\cdot\vec{V} = m\frac{d\,\vec{V}}{dt}\cdot\vec{V} = \frac{d\,W}{dt}$$

$$dW\left(\vec{F}\right) = \vec{F}\cdot d\vec{\ell} = m\frac{d\vec{V}}{dt}d\vec{\ell} = md\vec{V}\cdot\vec{V} = md\left(\frac{\vec{V}^2}{2}\right)$$

On a donc $dW\left(\vec{F}\right) = d\left(\frac{1}{2}mV^2\right)$

On appelle **énergie cinétique** la grandeur $\frac{1}{2}mV^2$

$$E_c = \frac{1}{2}mV^2$$

énergie cinétique en Joules (J)

Théorème de l'énergie cinétique

- **Dans un référentiel galiléen le travail d'une force appliquée à un point matériel qui se déplace de A à B est égal à la variation de son énergie Cinétique entre A et B .**

$$\boxed{W_A^B = \int_A^B d(E_c) = E_c^B - E_c^A}$$

$$\boxed{dW = dE_c}$$

Le théorème de l'énergie cinétique traduit le fait que la variation d'énergie cinétique d'un mobile entre au court d'un mouvement est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées à ce mobile.

Energie mécanique

- Définition: L'énergie mécanique d'une particule en mouvement est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle.

$$\boxed{E_m = E_c + E_p}$$

. **Remarque** : Cas d'un système conservatif

L'énergie mécanique d'un système conservatif reste constante au cours du mouvement.