Fiche de synthèse n°9
Énergie cinétique et travail d'une force

1. Introduction sur l'énergie

L'énergie est un concept que l'on définit par ses propriétés.

– **L'énergie peut être stockée.**
  Il existe diverses formes de stockage de l'énergie : énergie cinétique, énergie potentielle, énergie interne…
– **L'énergie stockée peut changer de forme.**
– **L'énergie peut être transférée d'un système à l'autre.**
  Il existe deux modes de transfert de l'énergie : le **travail** (électrique ou mécanique) et le **transfert thermique** (incluant le transfert par rayonnement)
– **L'énergie se conserve.**
  L'énergie totale de l'Univers est constante. Donc si l'énergie d'un système varie, cela ne peut être que le résultat de transferts avec d'autres systèmes.

2. L'énergie cinétique, une énergie stockée

Définition

Tout système en mouvement stocke une énergie appelée énergie cinétique.

L'énergie cinétique est l'énergie que stocke un système **du fait de son mouvement**.

Expression de l'énergie cinétique :

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2$$

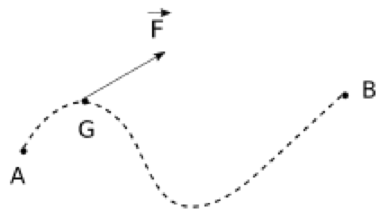
– E_c : énergie cinétique en Joule (J)
– m : masse du système en kg
– v : vitesse de déplacement en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$

Lorsque l'on veut faire varier l'énergie cinétique d'un système, il faut lui appliquer une force non perpendiculaire à son déplacement.

3. Le travail d'une force : un transfert d'énergie

Le travail d'une force est un mode de transfert d'énergie entre deux systèmes qui interagissent mécaniquement, c'est-à-dire exercent une force l'un sur l'autre. Le travail s'exprime en Joule (J).

Si le système étudié est soumis à une force $\vec{F}$ et se déplace entre deux positions A et B, le travail qu'il reçoit est noté $W_{AB}(\vec{F})$ et se nomme : travail de la force $\vec{F}$ sur le trajet AB.



4. Lien entre l'énergie cinétique stockée et le transfert par travail

4.1. Le théorème de l'énergie cinétique

Énoncé du théorème

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un système se déplaçant entre les points A et B est égale à la somme des travaux des forces appliquées au système lors de son déplacement :

$$\Delta E_c = \sum W_{AB}(\vec{F})$$
$$E_C(B) - E_C(A) = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

Lien avec la conservation de l'énergie

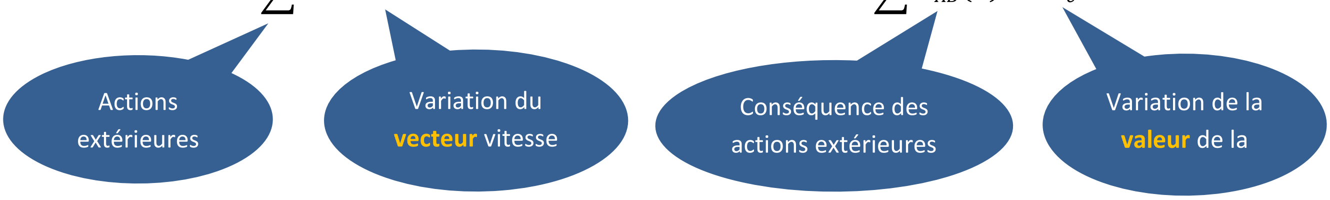
Le théorème de l'énergie cinétique est la traduction mathématique de l'affirmation « l'énergie se conserve ». Il énonce que, si l'énergie cinétique du système varie, cela est forcément dû à un transfert par travail avec l'extérieur. Il ne peut pas avoir « produit de l'énergie ».

Lien avec la 2ème loi de Newton

Le théorème de l'énergie cinétique peut être démontré à l'aide de la deuxième loi de Newton, il lui est donc équivalent. La démonstration est hors programme mais on peut voir qualitativement que ces deux lois relient les actions extérieures à la variation de la vitesse du système :

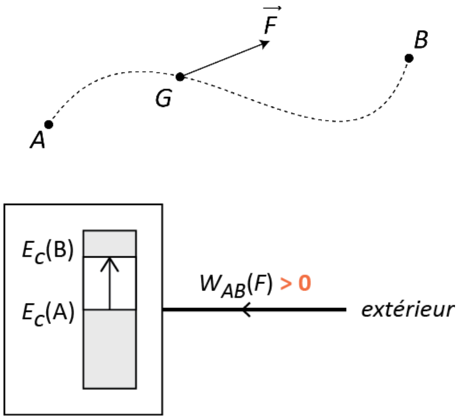
Deuxième loi de Newton | **Théorème de l'énergie cinétique**

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \qquad\qquad \sum W_{AB}(\vec{F}) = \Delta E_c$$

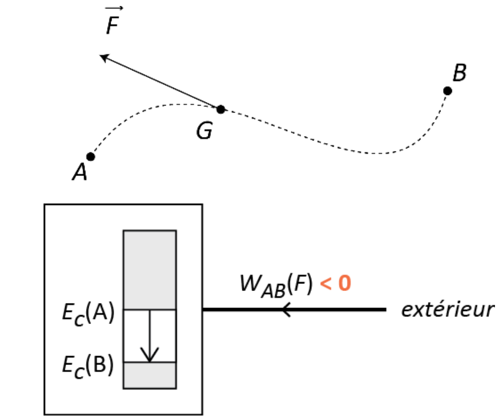


4.2. Travail moteur, travail résistant

- Un travail est **moteur** s'il est **positif** : un système qui reçoit un travail global moteur **gagne de l'énergie cinétique** donc de la vitesse.
- Un travail est **résistant** s'il est **négatif** : un système qui reçoit un travail global résistant **perd de l'énergie cinétique** donc de la vitesse.



Un système qui reçoit un travail moteur gagne de l'énergie cinétique (donc de la vitesse).



Un système qui reçoit un travail résistant perd de l'énergie cinétique (donc de la vitesse).

5. Calcul du travail d'une force constante

Les paramètres qui influent sur le travail d'une force sont :

- La valeur de la force ;
- la distance parcourue par son point application ;
- l'angle entre la droite d'action de la force et la direction du déplacement

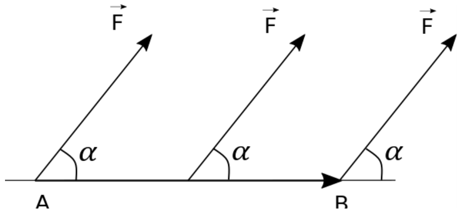
5.1. Travail d'une force constante

Une force est constante lorsqu'elle conserve la même droite d'action, le même sens et la même valeur au cours du mouvement.

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

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

- $W_{AB}(\vec{F})$: travail en Joule (J)
- F : valeur de la force en Newton (N)
- AB : distance en mètre (m)
- α : angle $(\vec{F}, \overrightarrow{AB})$ en radian (rad)



5.2. Un cas particulier à connaître : le travail du poids

Par définition le travail du poids vaut : $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB}$

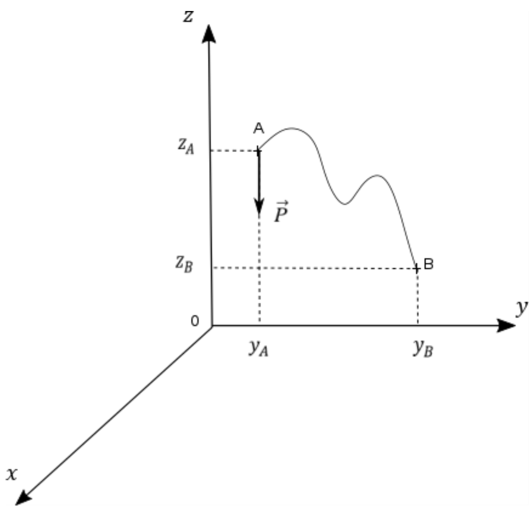
Or $\vec{P}\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -mg \end{pmatrix}$ et $\overrightarrow{AB}\begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{pmatrix}$ donc

Donc : $W_{AB}(\vec{P}) = 0 + 0 - \mathrm{mg}(\mathrm{z_B} - \mathrm{z_A})$

$$W_{AB}(\vec{P}) = -mg(z_B - z_A)$$

Le travail du poids est indépendant du chemin suivi, il ne dépend que de la différence d'altitude entre le point de départ et le point d'arrivée du parcours.

- Lors d'une descente :
  $z_A > z_B$ donc $W_{AB}(\vec{P}) > 0$; le travail du poids est moteur.
- Lors d'une montée :
  $z_A < z_B$ donc $W_{AB}(\vec{P}) < 0$; le travail du poids est résistant.



6. Puissance moyenne

Le travail est un transfert d'énergie d'un système à un autre. La puissance moyenne renseigne sur la rapidité de ce transfert.
La puissance moyenne s'exprime par la relation :

$$P_m = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t}$$

- P_m : puissance moyenne en watt (W)
- $W(\vec{F})$: travail en joule (J)
- Δt : durée du transfert en seconde (s)