NOM : ………………………………………………………… PRENOM : …………………………………….. CLASSE : ………

PREMIERE SPECIALITE Physique et chimie	CHAPITRE E1 ASPECT ENERGETIQUE DES PHENOMENES MECANIQUES BILAN

CORRECTION

I- TRAVAIL D'UNE FORCE et ENERGIE CINETIQUE

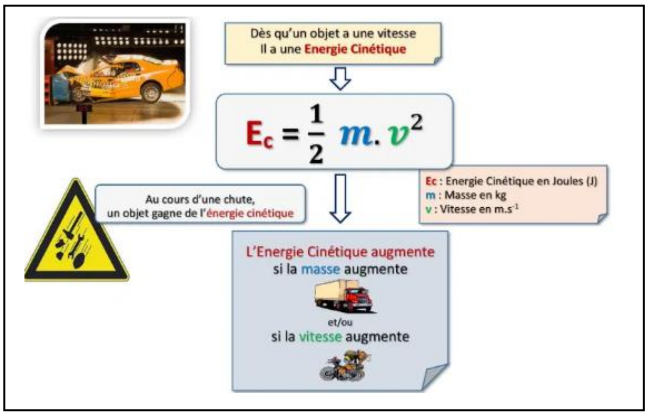
1) ENERGIE CINETIQUE

Dans un référentiel donné, l'énergie cinétique notée *E*c d'un système de masse m se déplaçant à une vitesse v s'exprime par la relation :

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

avec

- E_c : l'énergie cinétique en **joule** (**J**)
- *m* : la masse du système en **kilogramme** (**kg**)
- *v* : la vitesse du système en **mètre par seconde**



2) TRAVAIL D'UNE FORCE CONSTANTE

Le travail d'une force est une grandeur **physique** permettant d'évaluer l'**effet** de cette force sur l'**énergie cinétique** d'un système au cours d'un mouvement.

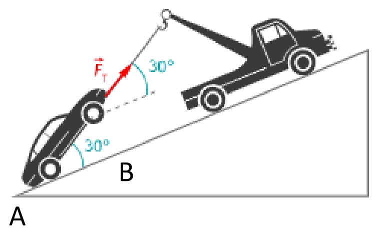
Le travail noté $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force constante $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace de A vers B s'exprime par la relation scalaire :

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

avec

- $W_{AB}(\vec{F})$: le travail de la force $\vec{F}$ en **joule** (**J**)
- *F* : la valeur de la force en **newton** (**N**)
- AB : le déplacement en **mètre** (**m**)
- α : l'angle entre la direction de la force $\vec{F}$ et celle du déplacement $\vec{AB}$

Exemple



La remorque exerce un **travail** sur la voiture puisqu'elle exerce une force notée $\vec{F}_T$ sur la voiture en **modifiant** son énergie **cinétique.**

Données : F_T = 50 N et AB = 2,3 m

Le calcul de ce travail donne :

$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \times \vec{AB}$

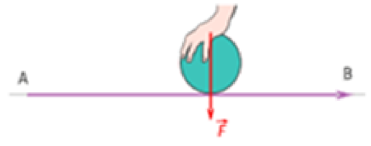
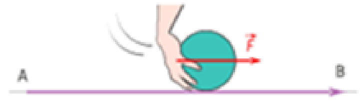
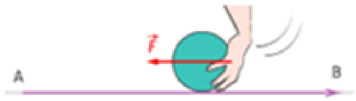
$= F \times AB \times \cos(\alpha)$

$= 50 \times 2{,}3 \times \cos(30°)$

$= 100$ N

TRAVAIL : GRANEUR ALGEBRIQUE

✓ Le travail est une grandeur **algébrique**, il peut être **nul**, **positif** ou **négatif** :

	Cas 1	Cas 2	Cas 3
			
Direction de $\vec{F}$ et $\vec{AB}$	$\vec{F}$ et $\vec{AB}$ sont **orthogonaux**	$\vec{F}$ et $\vec{AB}$ sont dans la même **direction** et le même **sens**	$\vec{F}$ et $\vec{AB}$ sont dans la même **direction** et de **sens** opposé
Angle entre $\vec{F}$ et $\vec{AB}$	$\alpha = 90°$	$\alpha = 0°$	$\alpha = 180°$
Cosinus	$\cos \alpha = 0$	$\cos \alpha = 1$	$\cos \alpha = -1$
Effet de la force	La force **n'a aucun effet** sur le déplacement	La force **favorise** le déplacement	La force **ne favorise pas** le déplacement
Travail de la force	L'énergie transférée par le travail au système est **nulle**	L'énergie transférée par le travail au système est **positive**. Le système **reçoit** de l'énergie.	L'énergie transférée par le travail au système est **négative**. Le système **perd** de l'énergie.
	$W_{AB}(\vec{F}) = 0$ Travail **nul**	$W_{AB}(\vec{F}) > 0$ Travail **moteur**	$W_{AB}(\vec{F}) < 0$ Travail **résistant**

3) Cas particulier : TRAVAIL DU POIDS

Dans une région au voisinage de la terre où le champ de pesanteur $\vec{g}$ est uniforme, le poids $\vec{P}$ d'un objet est une force attractive.

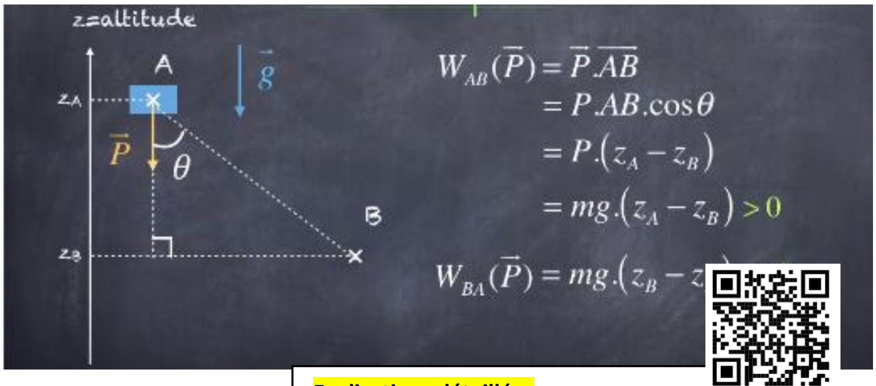
Le travail du poids d'un point matériel de masse m qui se déplace de A vers B a pour expression :

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \times \vec{AB}$$

$$= m \times \vec{g} \times \vec{AB}$$

$$= m \times g \times AB \times \cos \alpha$$

$$= m \times g \times (z_A - z_B)$$



Explications détaillées
Regarder la vidéo à 6min30
https://www.youtube.com/watch?v=lq6Pnu-XY7M

CONSEQENCE :

Le travail du poids ne dépend donc que des **altitudes** de départ et d'arrivée et ne dépend pas du chemin suivi par le système : on parle donc de **force conservative**.

II- THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE

Le transfert d'énergie par travail de toutes les forces appliquées à un système a une conséquence directe sur l'énergie cinétique du système :

INFO

En physique, un **référentiel galiléen** est un référentiel dans lequel un objet isolé (sur lequel ne s'exerce **aucune force** ou sur lequel la **résultante des forces est nulle**) est soit **immobile**, soit en mouvement de **translation rectiligne uniforme** par rapport à ce référentiel. Cela signifie que le principe d'inertie, qui est énoncé dans la première loi de Newton s'applique

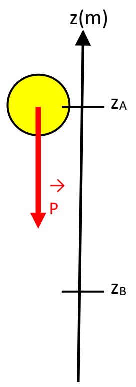
1) THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE

« **Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique notée ΔE_c d'un système modélisé par un point matériel de masse m entre 2 positions A et B est égale à la somme des travaux des forces notée $\Sigma W_{AB}(\vec{F})$ appliquées au système entre les positions A et B** »

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

2) EXEMPLE : LA CHUTE LIBRE

Un système en chute libre entre les points A et B n'est soumis qu'à son **poids**.



D'après le théorème de l'énergie cinétique : $\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{P})$

Or on a démontré que : $W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)$

Or on a démontré que : $\Delta E_c = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2 - \frac{1}{2} \times m \times v_A^2$

On égalise : $\frac{1}{2} \times \cancel{m} \times v_B^2 - \frac{1}{2} \times \cancel{m} \times v_A^2 = \cancel{m} \times g \times (z_A - z_B)$

$$\frac{1}{2} \times (v_B^2 - v_A^2) = g \times (z_A - z_B)$$

Si l'objet est lâché sans vitesse initiale, c'est-à-dire que $v_A = 0$ m.s^{-1}

Alors l'expression de la vitesse au point B est :

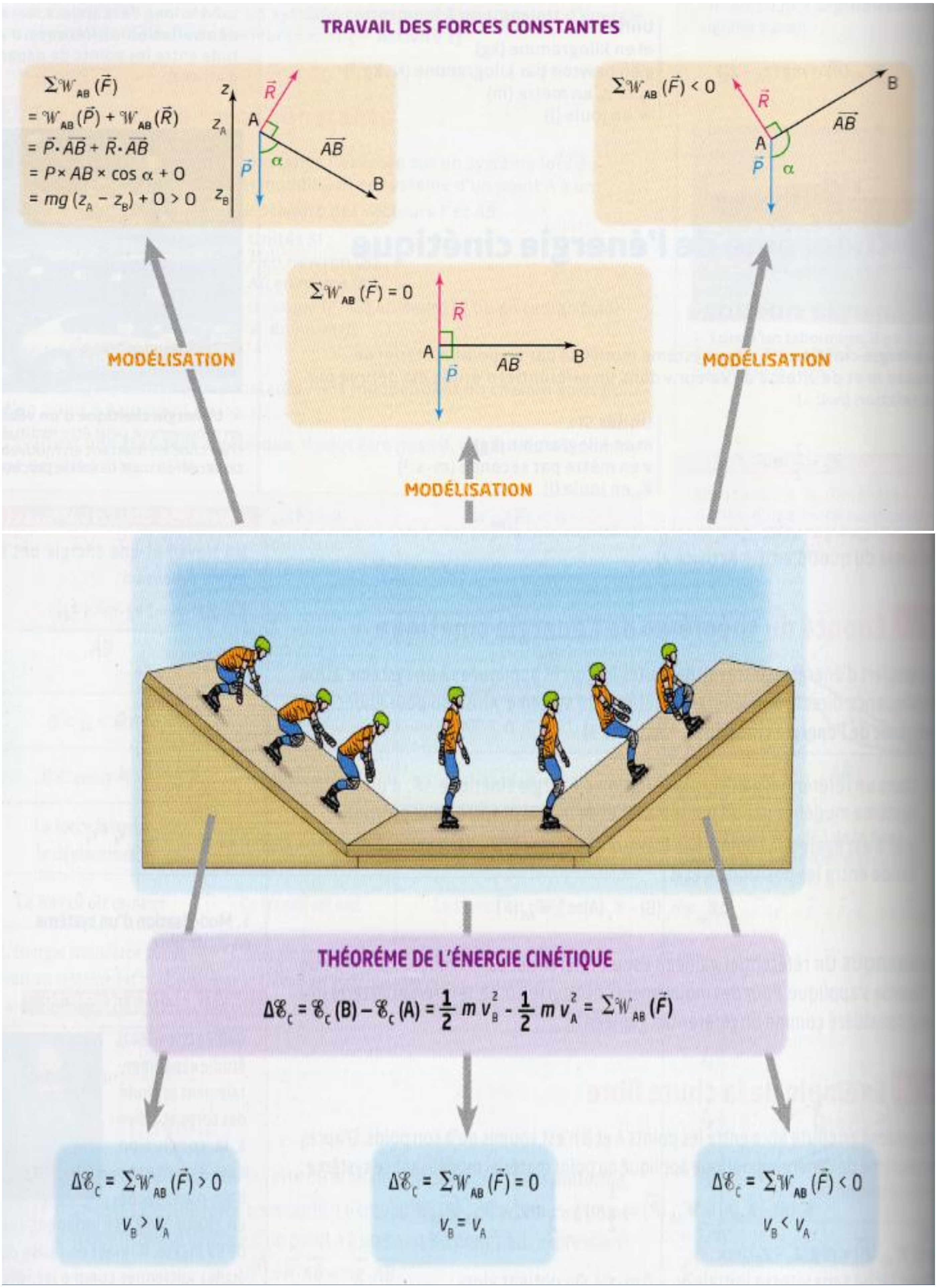
$$v_B = \sqrt{2 \times g \times (z_A - z_B)}$$

BILAN

On peut conclure que la vitesse de la chute **ne dépend pas** de la masse de l'objet en chute libre…

→ résultat célèbre établi par **Galilée**.

BILAN en IMAGE



III- ENERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR

L'énergie potentielle de pesanteur notée E_{pp} d'un point matériel de masse m situé à une altitude z dans un champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$ est définie par :

$$E_{pp} = m \times g \times z$$

La variation de l'énergie potentielle de pesanteur notée ΔE_{pp} entre un point d'altitude z_A et un point d'altitude z_B est donnée par :

$$\Delta E_{pp} = m \times g \times z_B - m \times g \times z_A = m \times g \times (z_B - z_A)$$

avec

- *m* : la masse en **kilogramme** (**kg**)
- *g* : l'intensité de pesanteur en **newton par kilogramme** (**N.kg^{-1}**)
- z : l'altitude en **mètre** (**m**)

CONVERSION D'ENERGIE

Nous avons vu que pour un objet soumis uniquement à son poids, quelle que soit sa trajectoire entre un point A et un point B dans un champ de pesanteur uniforme, le travail du poids est donné par l'expression suivante :

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

Or d'après le théorème de l'énergie cinétique

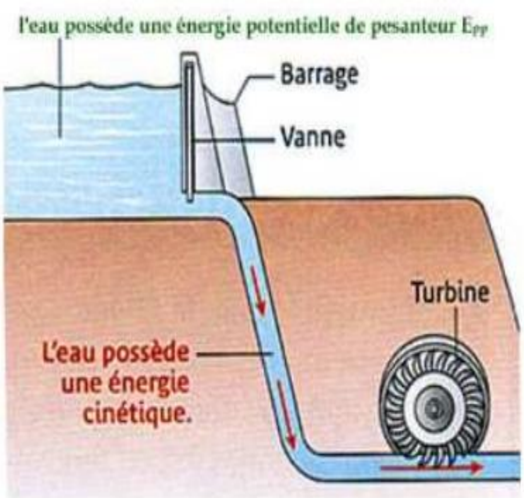
$$\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{P})$$

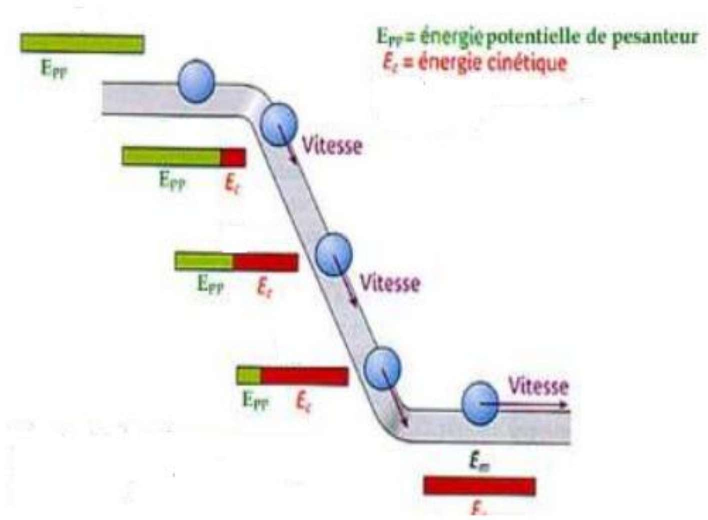
$$= m \times g \times (z_A - z_B)$$

Or $\Delta E_{pp} = m \times g \times (z_B - z_A)$ $\Rightarrow$ **Donc :** $\Delta E_c = -\Delta E_{pp}$

Exemple

Dans un barrage l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} de l'eau retenue à une altitude z est **convertie** en énergie cinétique au fur et à mesure de la chute.

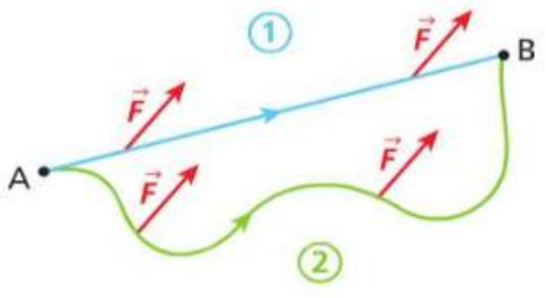




IV- FORCE NON CONSERVATIVE

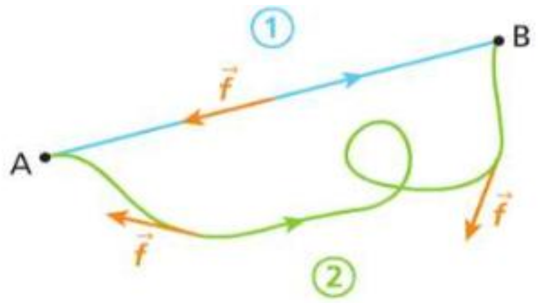
Définition

Une force $\vec{F}$ dont le travail $W_{AB}(\vec{F})$ ne dépend pas uniquement des positions des points de départ A et d'arrivée B, mais aussi du chemin emprunté entre A et B est appelée force non conservative



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

Force conservative.



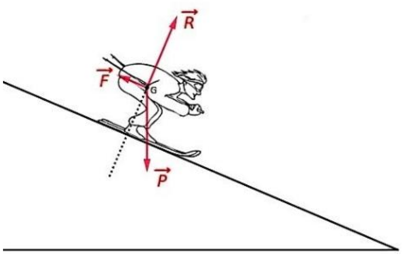
$W_{AB}(\vec{f})_{trajet\ ①} \neq W_{AB}(\vec{f})_{trajet\ ②}$

Force non conservative.

C'est le cas de toutes les forces de **frottements**.

- ✓ Au contact d'un solide, ce point matériel subit une **force de frottement solide**
- ✓ Dans un fluide (gaz ou liquide), ce point matériel subit une **force de frottement fluide** dont :
  - la direction est **parallèle** à celle du vecteur vitesse
  - le sens est **opposé** à celui du mouvement
  - la norme est d'autant plus **grande** que la valeur de la vitesse est grande

Exemple



Soit une force de frottement constante $\vec{f}$ de norme constante lors d'un déplacement rectiligne d'un point A vers un point B, le travail de cette force noté $W_{AB}(\vec{f})$:

$$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \times \vec{AB} = f \times AB \times \cos(\alpha)$$

$$= f \times AB \times \cos 180°$$

$$= - f \times AB$$

Avec

- $W_{AB}(\vec{f})$: le travail de la force de frottements f en **joule** (**J**)
- f : la valeur de la force de frottement en **newton** (**N**)
- AB : le déplacement en **mètre** (**m**)
- α : l'angle entre la direction de la force F et celle du déplacement AB et α = **180°** donc cos α = **-1**

V- CONSERVATION NON CONSERVATION DE L'ENERGIE MECANIQUE

1) ENERGIE MECANIQUE

L'énergie mécanique notée E_m d'un point matériel de masse m se déplaçant :

- **à la vitesse v**
- **dans un champ de pesanteur g**
- **d'une altitude $z = z_A - Z_B$**

est la somme de son énergie cinétique E_c et de son énergie potentielle de pesanteur E_{pp}

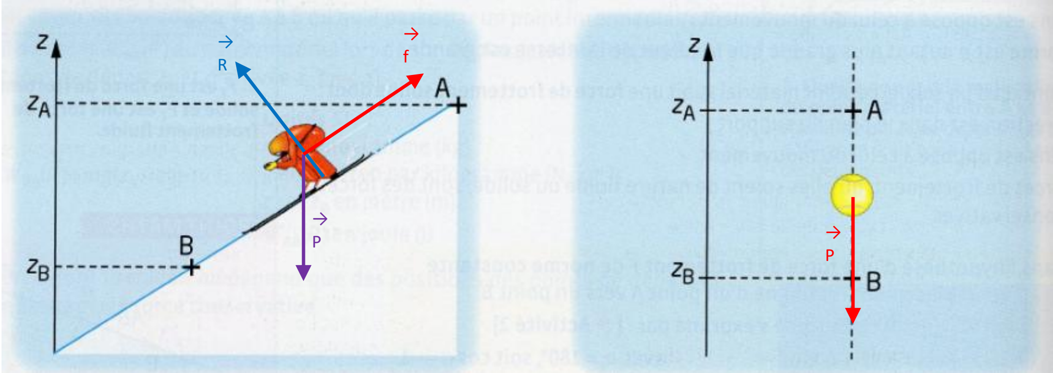
$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2} \times m \times v^2 + m \times g \times z$$

Avec : E_m E_c et E_{pp} en Joule (J)

2) CONSERVATION ou NON CONSERVATION de L'ENERGIE MECANIQUE

2 cas possibles :

$$\mathscr{E}_m = \mathscr{E}_c + \mathscr{E}_{pp} = \frac{1}{2}mv^2 + mgz$$

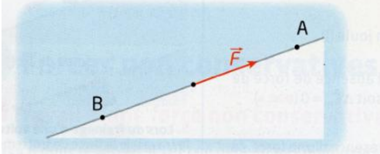


Les forces de frottement dans le cas d'une chute libre sont négligeables

Non conservation de l'énergie mécanique	Conservation de l'énergie mécanique
$\Delta\mathscr{E}_m = \mathscr{E}_m(A) - \mathscr{E}_m(B) = \Sigma\mathscr{W}_{AB}(\vec{F}_{\text{non conservatives}})$	$\Delta\mathscr{E}_m = 0$ $\mathscr{E}_m(A) = \mathscr{E}_m(B)$

Cas d'une force de frottement constante sur le trajet AB

$$\mathscr{W}_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = -F \times AB < 0$$



Démonstration

Au point A : $E_m(A) = E_c(A) + E_{pp}(A)$

Au point B : $E_m(B) = E_c(B) + E_{pp}(B)$

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

$= E_c(B) + E_{pp}(B) - E_c(A) - E_{pp}(A)$

$= E_c(B) - E_c(A) + E_{pp}(B) - E_{pp}(A)$

$= \Delta E_c + mgz_B - mgz_A$

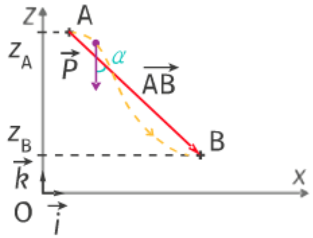
$= W_{AB}(\vec{P}) - W_{AB}(\vec{P})$

$= 0$

Énergie cinétique
$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

$+$

Énergie potentielle de pesanteur
$E_{pp} = m \cdot g \cdot z$



$=$

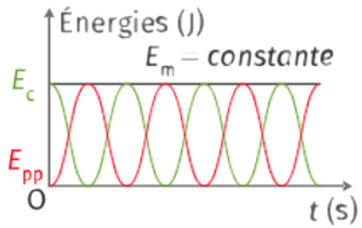
Énergie mécanique
$E_m = E_c + E_{pp}$

Énergie totale
$E_{totale} = E_m + E_{thermique}$

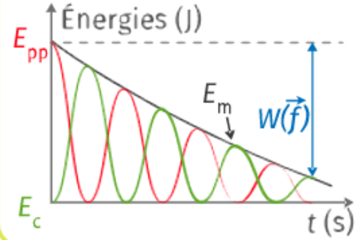
Énergie thermique

Variation ΔE_m
$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_{pp}$

Conservation de E_m
$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_{pp} = 0$



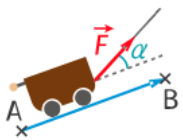
Non conservation de E_m
$\Delta E_m \neq 0$, $\Delta E_m = W_{AB}(\vec{f})$



Théorème de l'énergie cinétique
$\Delta E_c = \Sigma W(\vec{F})$

Travail du poids
$W_{AB}(\vec{F}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$

Travail d'une force
$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$
$W_{AB}(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$



Travail d'une force de frottement
$W_{AB}(\vec{f}) = -f \cdot AB$

$\vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} = f \cdot \underbrace{AB \cos(180°)}_{=-1} = -f \cdot AB$

Force conservative

Force non conservative