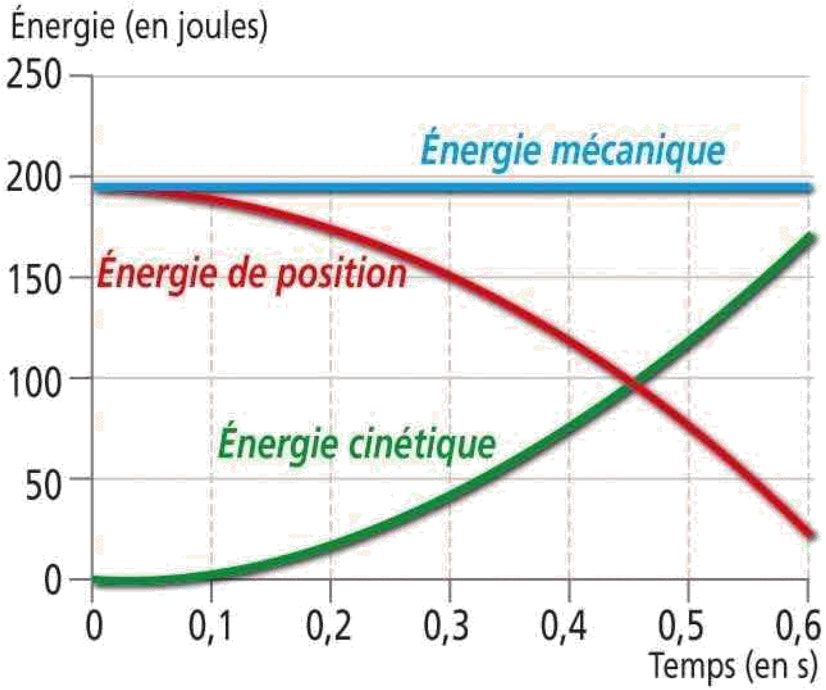
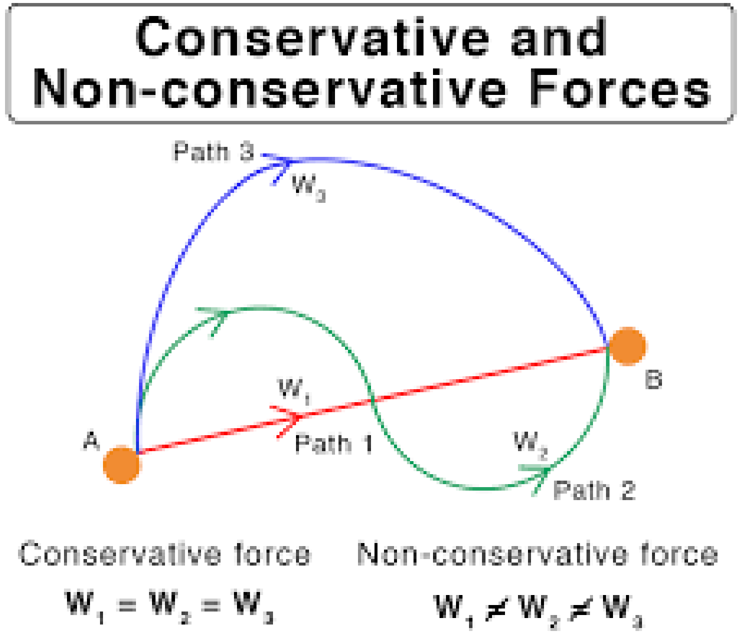
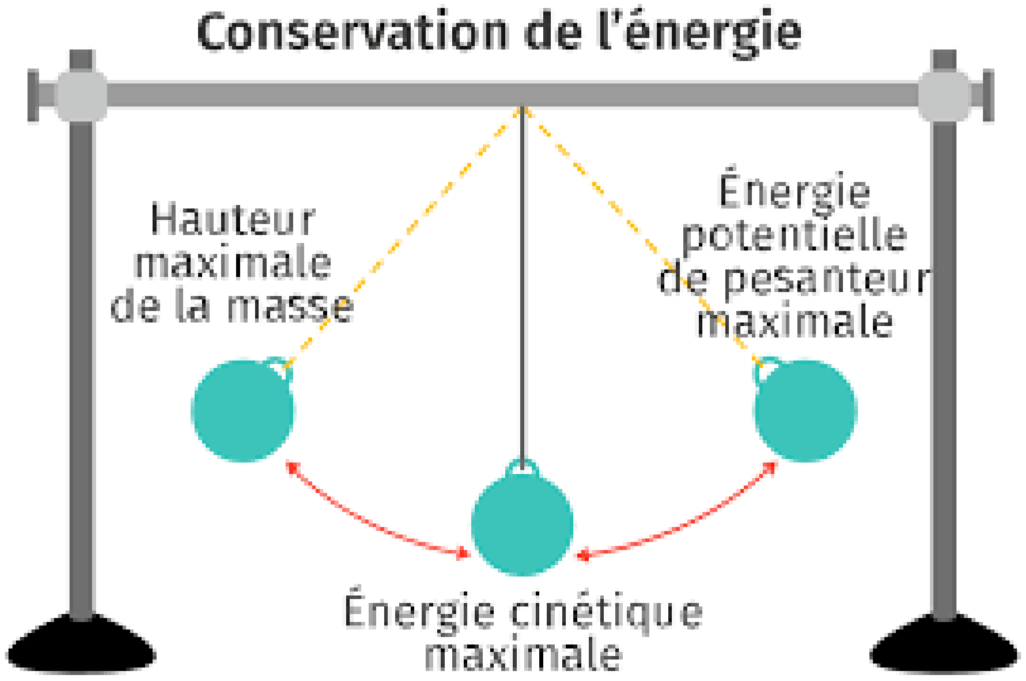
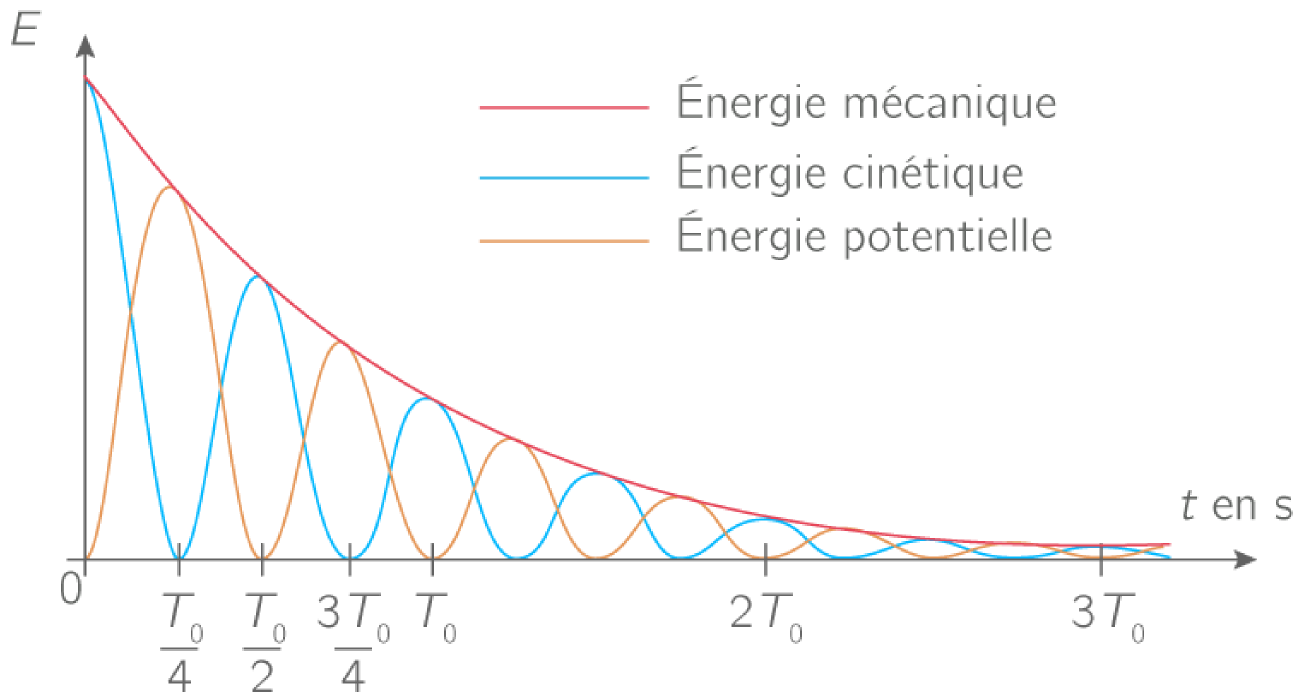
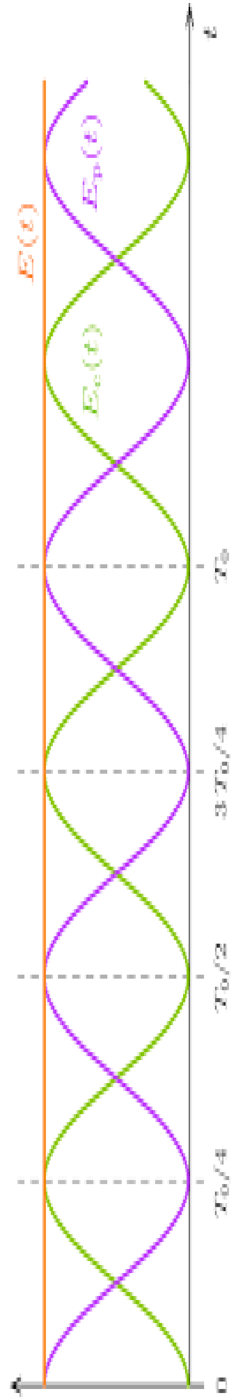




Chapitre 10 – Energies





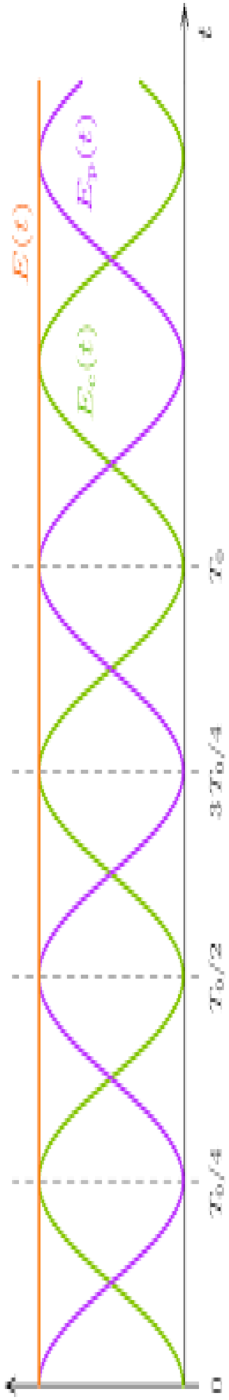


Chapitre 10 – Energies

I – Energie cinétique d'un système
- 1 – Energie cinétique
- 2 – Travail d'une force
- 3 – Travail du poids
- 4 – Travail d'une force de frottement
- 5 – Conservation d'une force
- 6 – Théorème de l'énergie cinétique

II – Energie potentielle de pesanteur d'un système

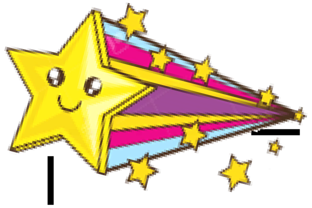
III – Energie mécanique d'un système
- 1 – Energie mécanique
- 2 – Conservation de l'énergie mécanique
- 3 – Non conservation de l'énergie mécanique



I – Energie cinétique d’un système

1 – Energie cinétique

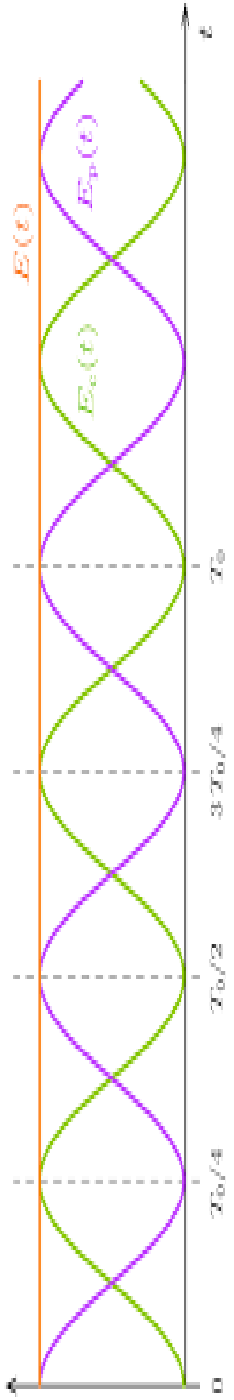
Lors de l’étude d’un système, on modélise le système par un point matériel M. On considère que toute la masse m du système est concentrée au point M.



Dans un référentiel donné, l’énergie cinétique E_C d’un système s’exprime par la relation :

$$\mathbf{E_C = \frac{1}{2}.m.v^2}$$

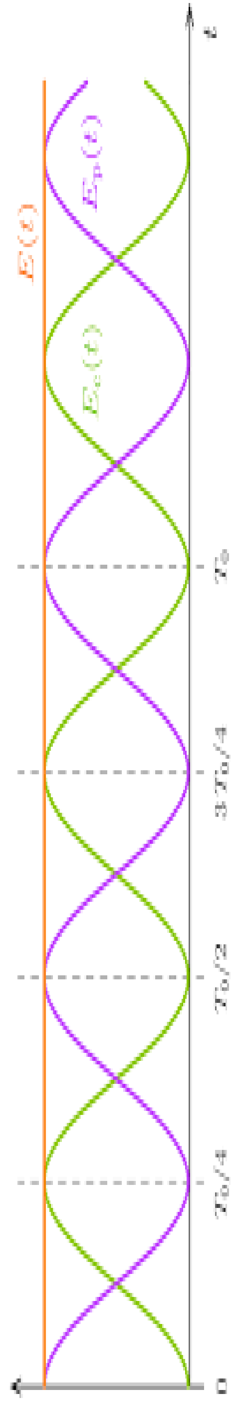
E_c : énergie cinétique (J)
m : masse (kg)
v : vitesse (m.s^{-1})



Les points d'attention à avoir :

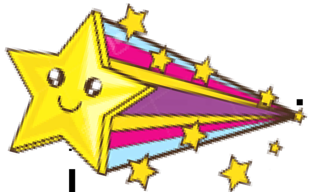
→ Conversions : 1 $m.s^{-1}$ = 3,6 $km.h^{-1}$

→ Calcul de vitesse : $v = \sqrt{\frac{2 \times Ec}{m}}$



2 – Travail d'une force

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

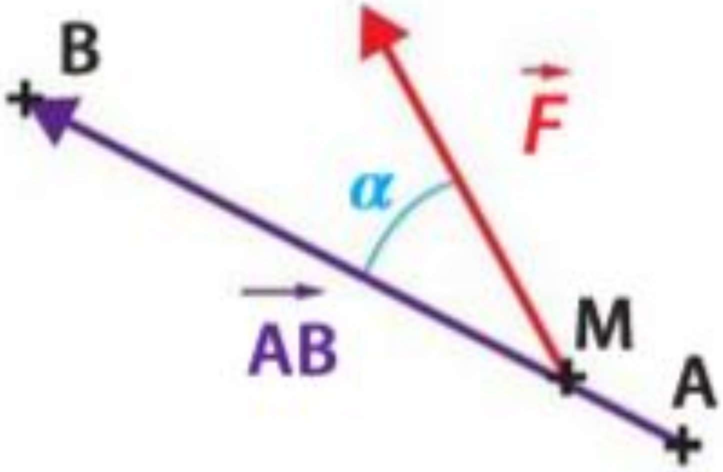
$$\mathbf{W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}\,.\,\overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos(\alpha)}$$

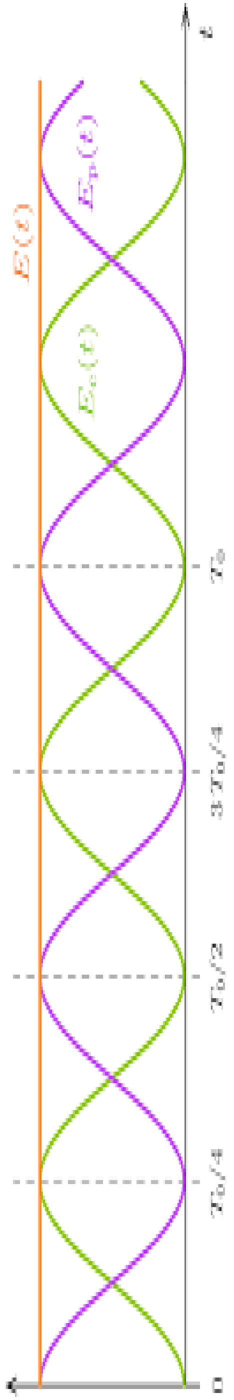
W_{AB} $(\vec{F})$: travail de la force (J)

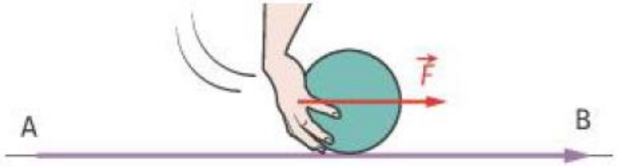
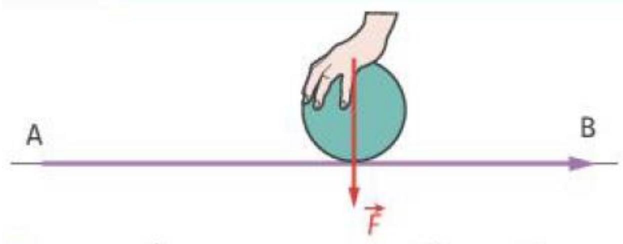
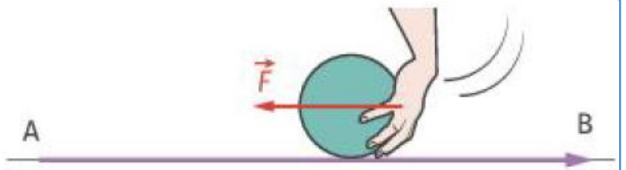
AB : déplacement (m)

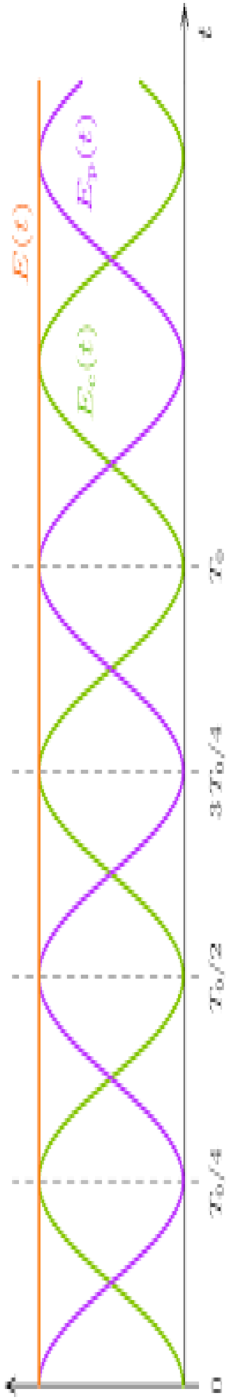
F : force (N)

α : angle (°)





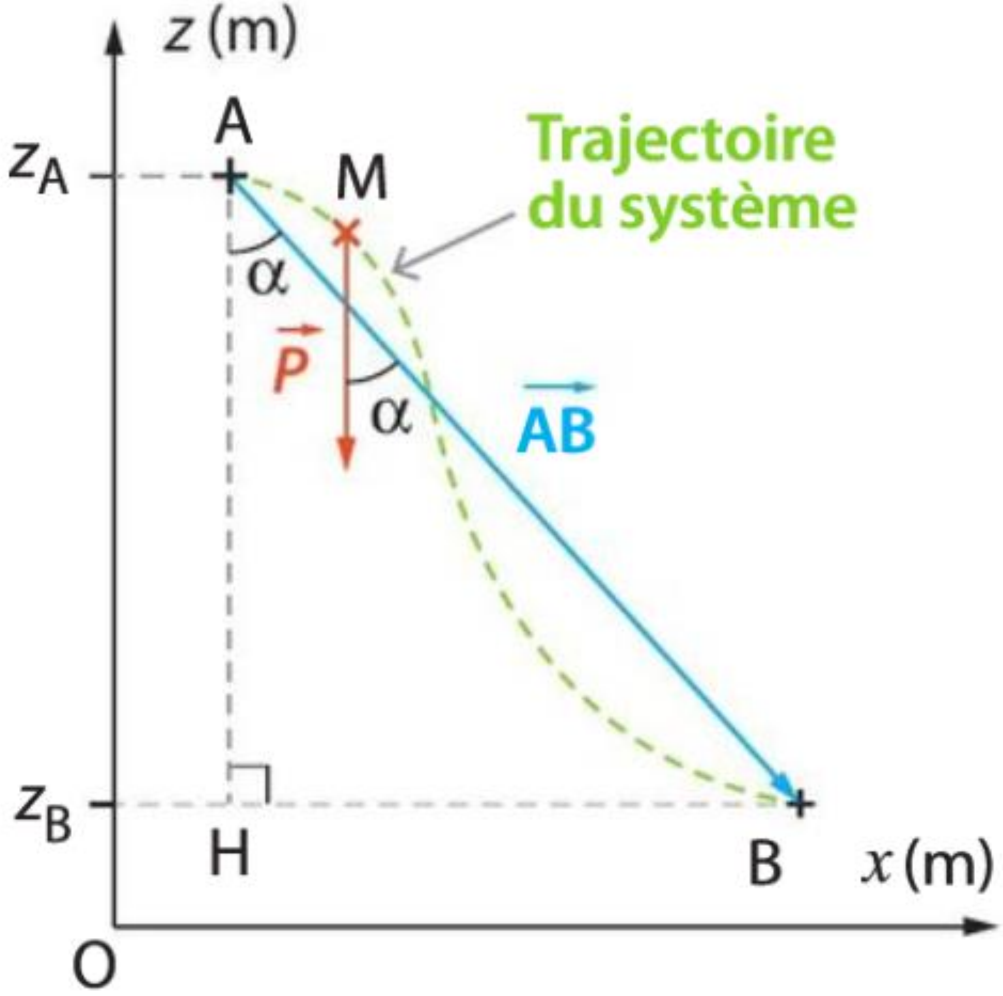
Si $0° \leq \alpha < 90°$ $W_{AB}(\vec{F}) > 0$	Si $\alpha = 90°$ $W_{AB}(\vec{F}) = 0$	Si $90° < \alpha \leq 180°$ $W_{AB}(\vec{F}) < 0$
Le travail est **moteur**.	Le travail est **nul.**	Le travail est **résistant.**
		



3 – Travail du poids

Le système se déplace d'une position A à une position B.

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{AB} = P \times AB \times \cos(\alpha)$$

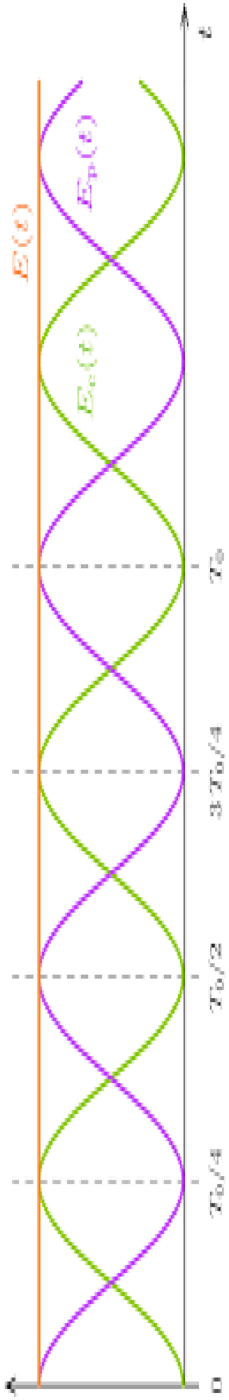


Dans le triangle rectangle AHB,

$\cos(\alpha) = \frac{AH}{AB} = \frac{(z_A - Z_B)}{AB}$ et P = m.g.

On en déduit :

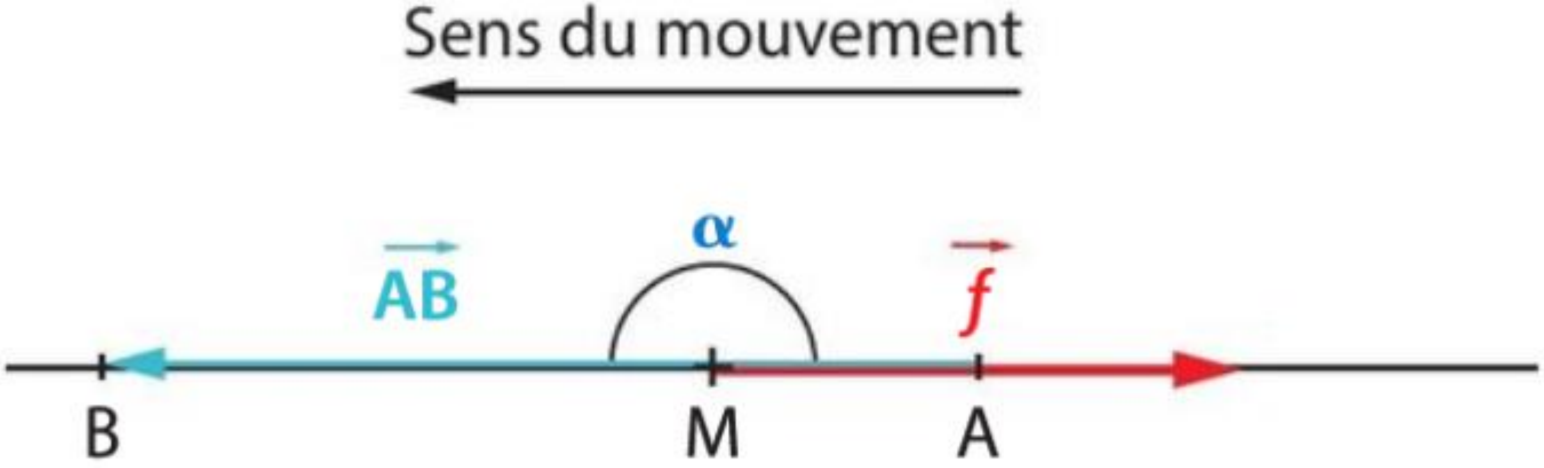
$$\mathbf{W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)}$$



4 – Travail d'une force de frottement

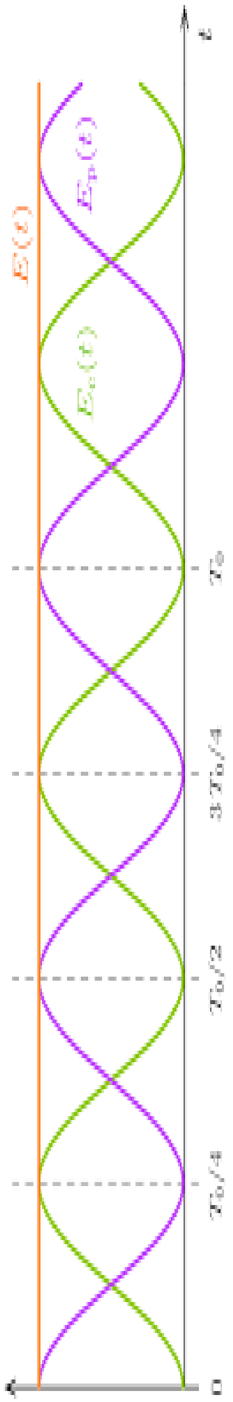
Le système se déplace d'une position A à une position B.

$$W_{AB}\left(\vec{f}\right) = \vec{f}.\overrightarrow{AB} = f \times AB \times \cos(\alpha)$$



Or, α = 180 ° et donc cos (α) = -1.

On en déduit : $\mathbf{W_{AB}\left(\vec{f}\right) = -f \times AB}$



5 – Conservation d’une force

Travail d’une force : $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{f}.\overrightarrow{AB} = f \times AB \times \cos(\alpha)$

Forces Conservatives :

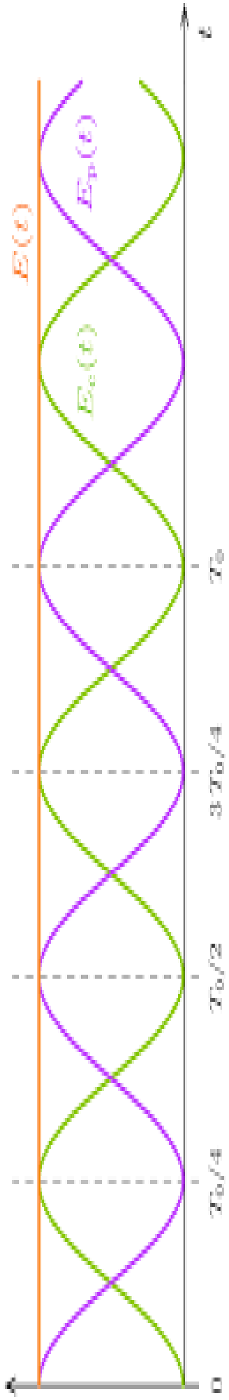
Travail du poids : $\mathbf{W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)}$

Le travail du poids ne dépend que des altitudes de départ et d’arrivée, il ne dépend pas du chemin suivi par le système. On parle dans ce cas de force conservative.

Forces Non Conservatives :

Travail du frottement : $\mathbf{W_{AB}\left(\vec{f}\right) = -f \times AB}$

Le travail de la force de frottement dépend du chemin suivi. On parle dans ce cas de force non conservative.

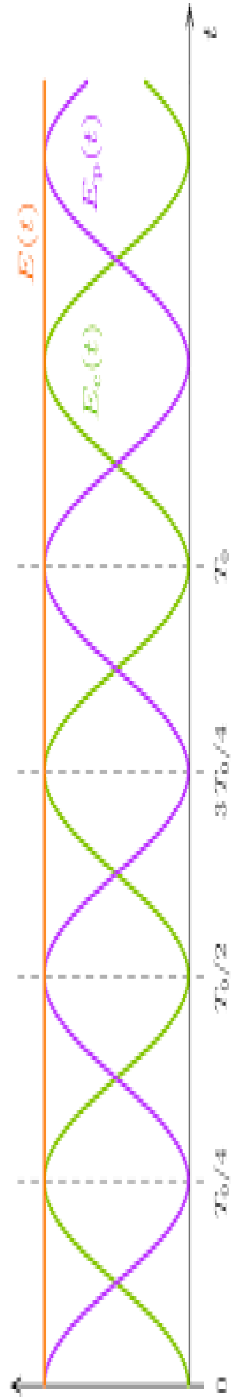


Exemple : Travail du poids.

Un skieur parti sans vitesse initiale du haut d'une piste à l'altitude 2720 m, il a parcouru la distance AB = 1 400 m dont la dénivellation est de 435 m.

L'action de l'air et les frottements sont négligeables, le skieur est soumis uniquement à son poids $\vec{P}$ et à l'action $\vec{R}$ de la piste.

Exprimer le travail des forces auxquelles est soumis le skieur lors du parcours entre les positions A et B.



Exemple : Travail du poids.

Un skieur parti sans vitesse initiale du haut d'une piste à l'altitude 2720 m, il a parcouru la distance AB = 1 400 m dont la dénivellation est de 435 m.

L'action de l'air et les frottements sont négligeables, le skieur est soumis uniquement à son poids $\vec{P}$ et à l'action $\vec{R}$ de la piste.

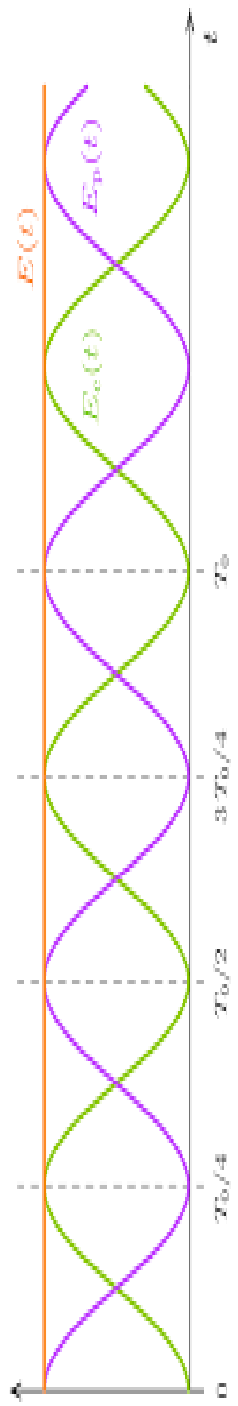
Exprimer le travail des forces auxquelles est soumis le skieur lors du parcours entre les positions A et B.

Le travail du poids est ici positif car lors d'une descente, cette force est une force motrice :

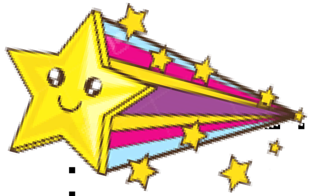
$$\mathbf{W_{A\to B}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)}$$

Le travail de la force $\vec{R}$ est ici nul car lors de son mouvement, cette force est une force perpendiculaire à $\overrightarrow{AB}$: $\mathbf{W_{A\to B}(\vec{R}) = 0\ J}$.

6 – Théorème de l’énergie cinétique



Le théorème de l’énergie cinétique permet de relier quantitativement la somme des forces qui s’exercent sur un système et la variation de la vitesse du système.

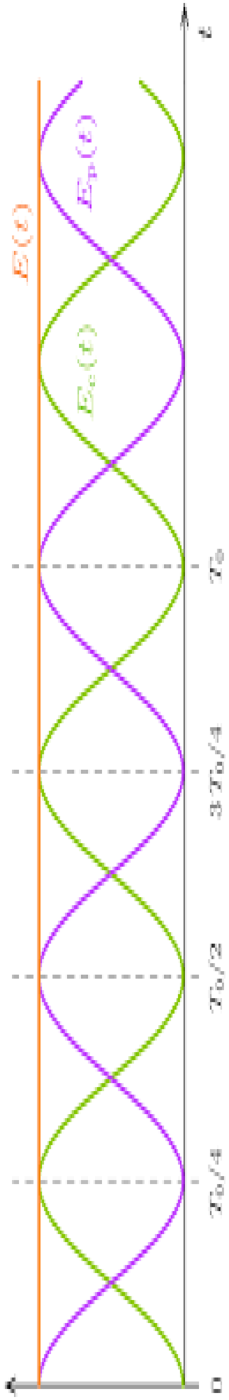


La variation de l’énergie cinétique d’un système en mouvement, d’une position A à une position B, est égale à la somme des travaux de toute les forces appliquées au système entre A et B :

$$\mathbf{\Delta E_{C_{AB}} = E_{C_B} - E_{C_A} = \sum_i W_{AB}\left(\vec{F}_i\right)}$$

W_{AB} $(\vec{F})$: travail de la force (J)
E_C : Energie cinétique (J)

Si la somme des travaux des forces appliqués au système est positive, son énergie cinétique augmente, donc la valeur de sa vitesse augmente.

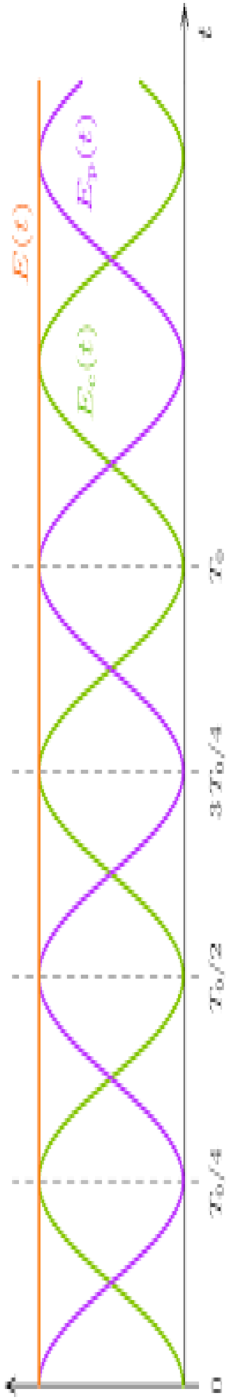


Exemple : Théorème de l’énergie cinétique.

Un skieur parti sans vitesse initiale du haut d’une piste à l’altitude 2720 m, il a parcouru la distance AB = 1 400 m dont la dénivellation est de 435 m.

Donnée : *intensité de pesanteur : g = 9,81 $N.kg^{-1}$; masse du skieur : m = 90 kg.*

Calculer la valeur de la vitesse du skieur à la position B.



Exemple : Théorème de l'énergie cinétique.

Un skieur parti sans vitesse initiale du haut d'une piste à l'altitude 2720 m, il a parcouru la distance AB = 1 400 m dont la dénivellation est de 435 m.

Donnée : *intensité de pesanteur : g = 9,81 N.kg⁻¹ ; masse du skieur : m = 90 kg.*

Calculer la valeur de la vitesse du skieur à la position B.

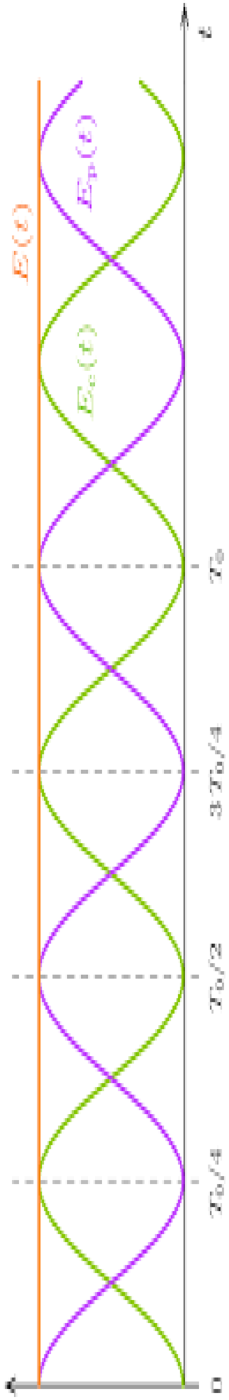
D'après le théorème de l'énergie cinétique appliqué au skieur dans le référentiel terrestre, entre la position initiale A et la position finale B : $\boxed{\mathbf{E_{C_B} - E_{C_A} = W_{A\to B}(\vec{P}) + W_{A\to B}(\vec{R})}}$

L'application du théorème conduit à : $\frac{1}{2}\,m \times v_B^2 - \frac{1}{2}m \times v_A^2 = m\,g\,(z_A - z_B) + 0$

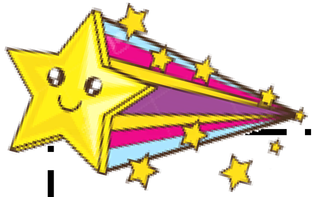
La relation précédente donne : $\frac{1}{2}\,m \times v_B^2 - 0 = m\,g\,(z_A - z_B)$ *car* $v_A = 0\ m.s^{-1}$

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

A.N : $v_B = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 435} = \underline{92{,}4\ m.s^{-1}}$



II – Energie potentielle de pesanteur d'un système

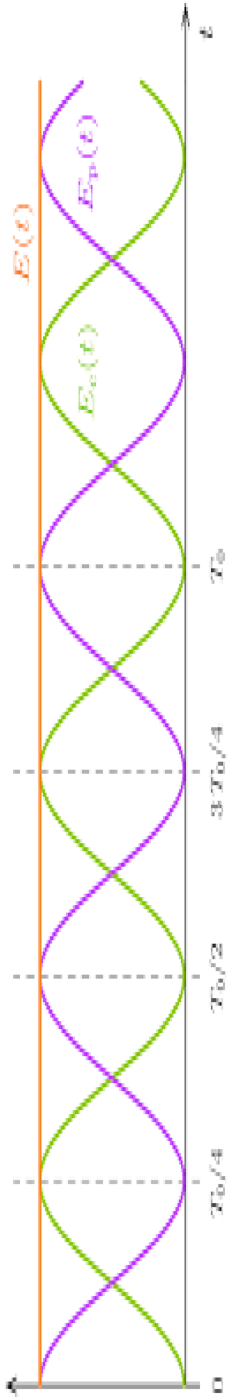


Dans un référentiel donné, en orientant l'axe des altitudes vers le haut, l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} d'un système s'exprime par la relation :

$$\mathbf{E_{pp} = m.g.z}$$

E_{pp} : énergie cinétique (J)
m : masse (kg)
g : intensité de la pesanteur ($N.kg^{-1}$)
Z : l'altitude par rapport à la référence (m)

La relation précédente est valable en choisissant $E_{PP} = 0$ pour $z = 0$.

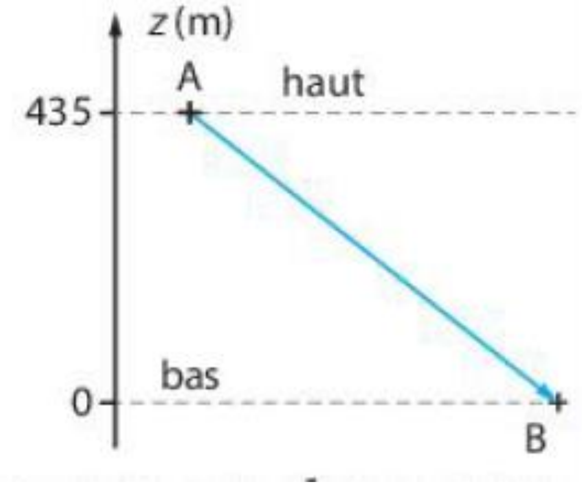


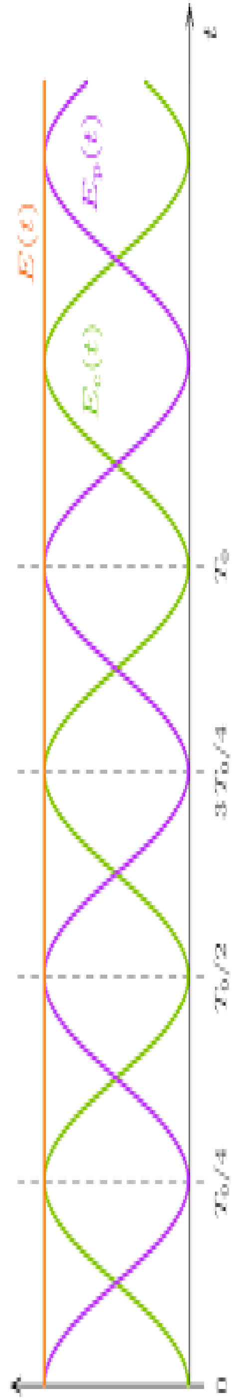
Exemple : Energie potentielle de pesanteur.

Un skieur parti sans vitesse initiale du haut d'une piste à l'altitude 2720 m, il a parcouru la distance AB = 1 400 m dont la dénivellation est de 435 m.

Donnée : *intensité de pesanteur : g = 9,81 N.kg*$^{-1}$ *; masse du skieur : m = 90 kg.*

En prenant le bas de la piste comme référence, calculer l'énergie potentielle de pesanteur du skieur en haut de la piste.





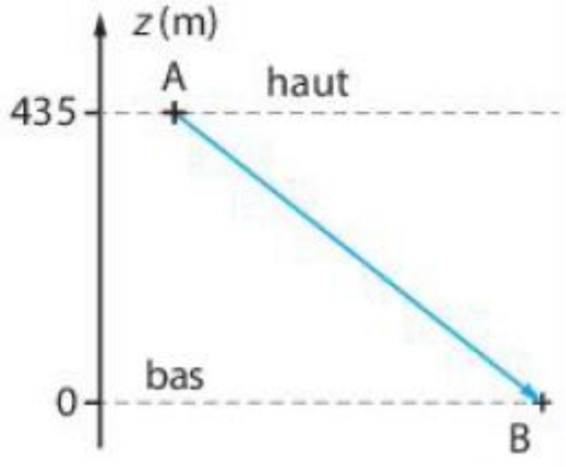
Exemple : Energie potentielle de pesanteur.

Un skieur parti sans vitesse initiale du haut d'une piste à l'altitude 2720 m, il a parcouru la distance AB = 1 400 m dont la dénivellation est de 435 m.

Donnée : *intensité de pesanteur : $g = 9{,}81\ N.kg^{-1}$; masse du skieur : $m = 90\ kg$.*

En prenant le bas de la piste comme référence, calculer l'énergie potentielle de pesanteur du skieur en haut de la piste.

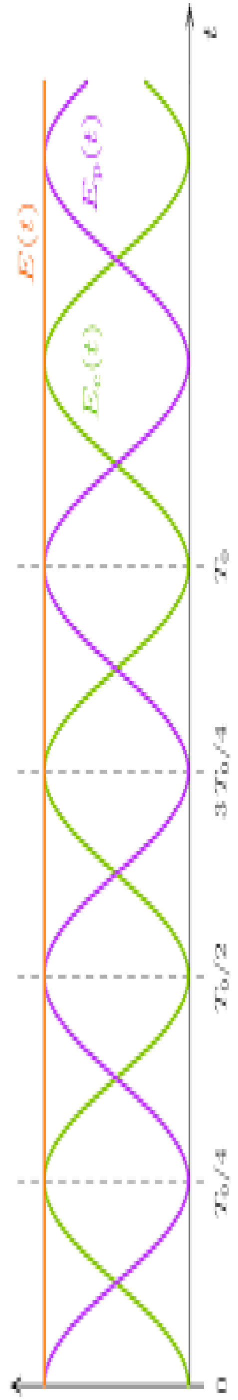
La coordonnée z du skieur en haut de la piste est 435 m.



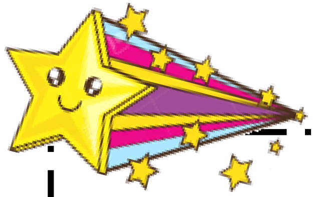
L'énergie potentielle du skieur en haut de la piste est : $\boxed{E_{p_A} = m\,g\,z_A}$

A.N : $E_{p_A} = 90 \times 9{,}81 \times 435 = \underline{3{,}8 \times 10^5\ J}$

L'énergie potentielle en A est $3{,}8 \times 10^5$ J.



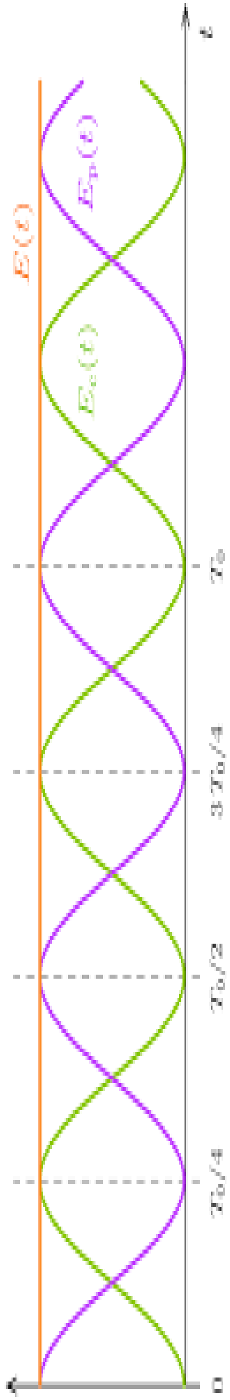
Energie potentielle de pesanteur et travail du poids



L'énergie potentielle étant une grandeur liée à l'altitude par rapport à une référence, sa variation est **égale** à l'opposé du travail du poids pour un déplacement donné.

$$\Delta \mathbf{E_{pp}} = \mathbf{EppB} - \mathbf{EppA} = -\mathbf{W_{AB}}(\vec{P})$$

Si l'altitude diminue, la variation d'énergie potentielle de pesanteur est négative et le travail du poids est positif



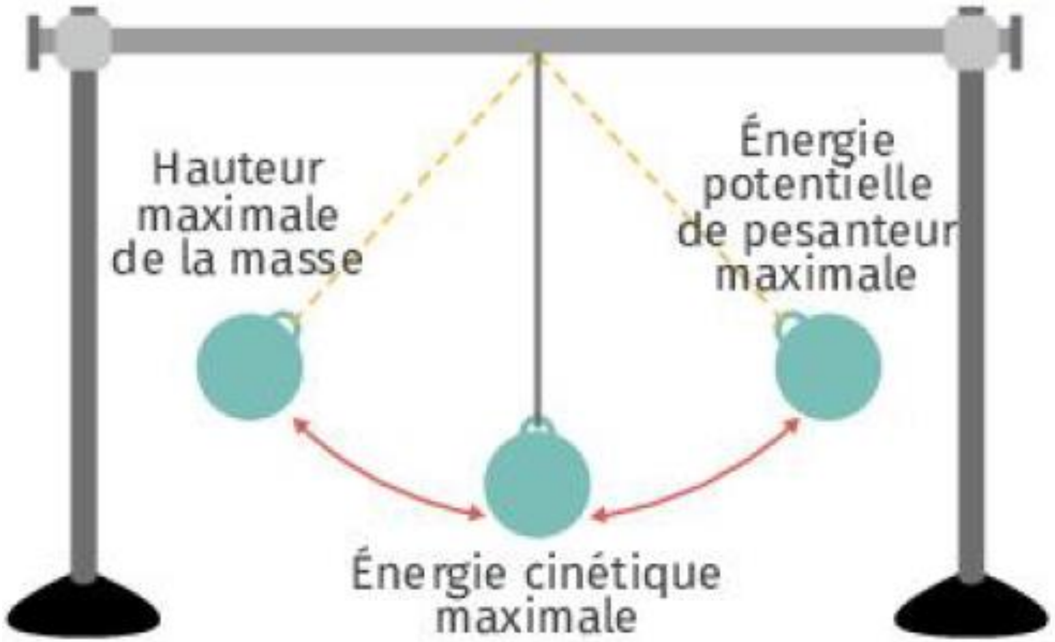
III – Energie mécanique d’un système

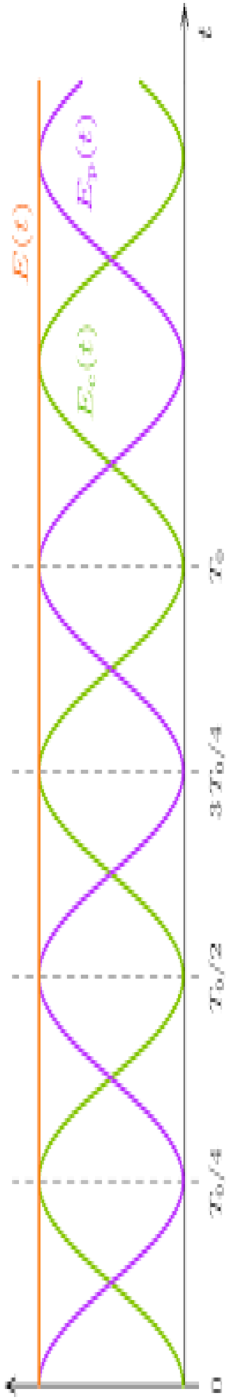
1 – Energie mécanique

Dans un référentiel donné, on associe à un système plongé dans un champ de pesanteur une énergie mécanique notée E_m, telle que :

$$\mathbf{E_m = E_P + E_C}$$

E_c : énergie cinétique (J)
E_m : énergie mécanique (J)
E_p : énergie potentielle de pesanteur (J)





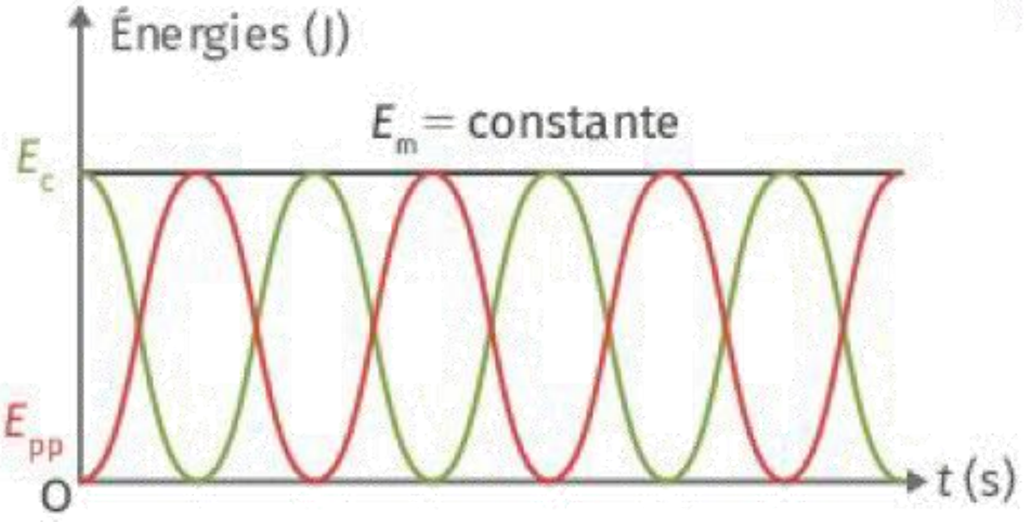
2 – Conservation de l'énergie mécanique

Lorsqu'un système est soumis **uniquement à des forces conservatives** ou à des forces dont le travail est nul, alors son énergie mécanique se conserve. On peut écrire :

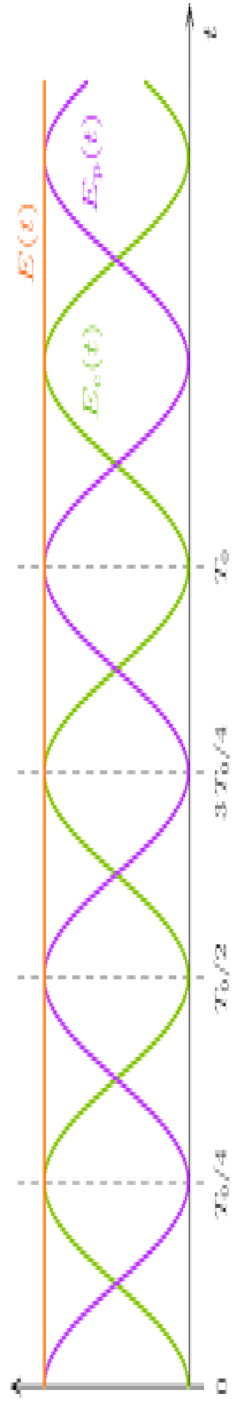
$$\mathbf{\Delta E_{m(A \rightarrow B)} = E_m(B) - E_m(A) = 0}$$

$$\mathbf{E_m(B) = E_m(A)}$$

Dans le cas où l'énergie mécanique d'un système se conserve, alors toute l'énergie cinétique perdue est convertie en énergie potentielle et inversement.



Conservation de l’énergie mécanique

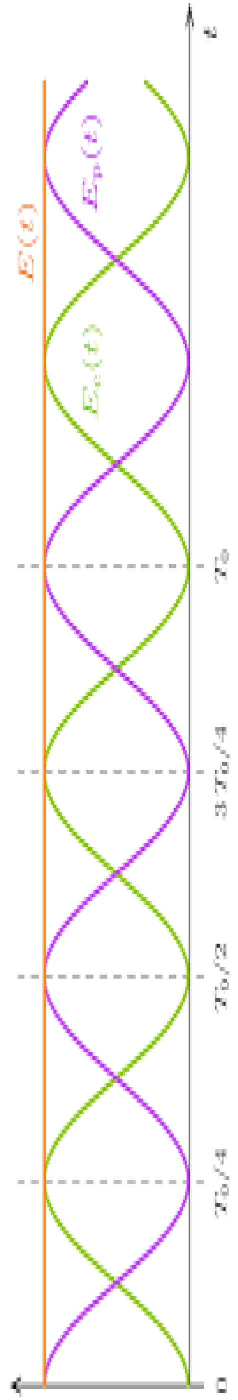


$$\mathbf{E_m(B) = E_m(A)}$$

$$\boldsymbol{Ec(B) + Epp(B) = Ec(A) + Epp(A)}$$

$$\boldsymbol{\frac{1}{2}m.v_B^2 + m.g.z_B = \frac{1}{2}m.v_A^2 + m.g.z_A}$$

Dans le cas d’une chute jusqu’au sol (z_B=0m) et sans vitesse initiale (v_A=0 m.s^{-1}), l’expression s’en retrouve très simplifiée et nous permet de calculer la vitesse au point d’impact.



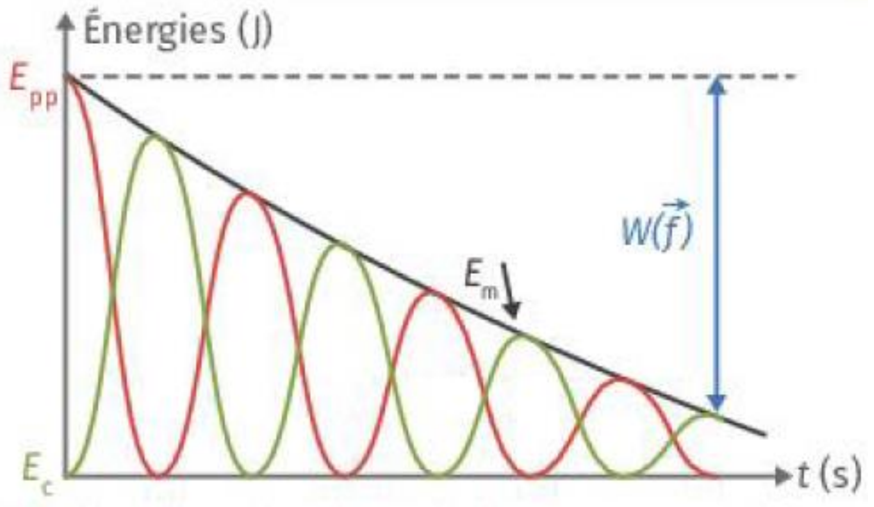
3 – Non conservation de l'énergie mécanique

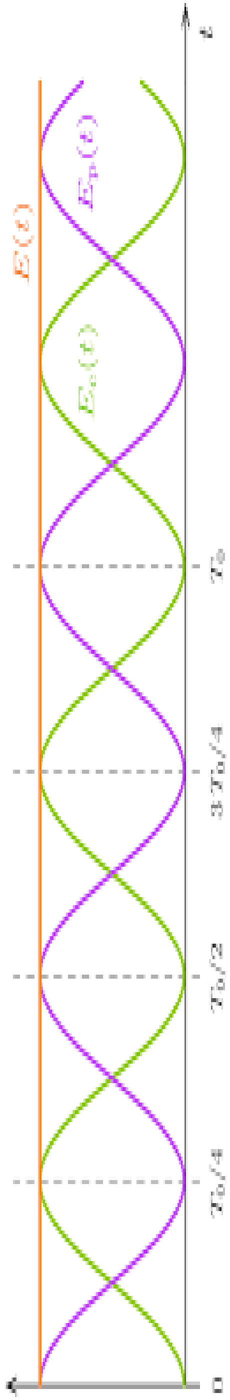
Lorsqu'un système est soumis à des forces non conservatives qui travaillent, alors son énergie mécanique ne se conserve pas. On peut écrire :

$$\mathbf{\Delta E_{m}}_{(A \to B)} = \mathbf{E_m(B) - E_m(A)} = \sum \mathbf{W_{AB}(\overrightarrow{F_{nc}})}$$

$\sum \mathbf{W_{AB}(\overrightarrow{F_{nc}})}$: La somme des travaux des forces non conservatives.

Dans le cas ou l'énergie mécanique d'un système ne se conserve pas, alors l'énergie cinétique est **partiellement** convertie en énergie potentielle et inversement.





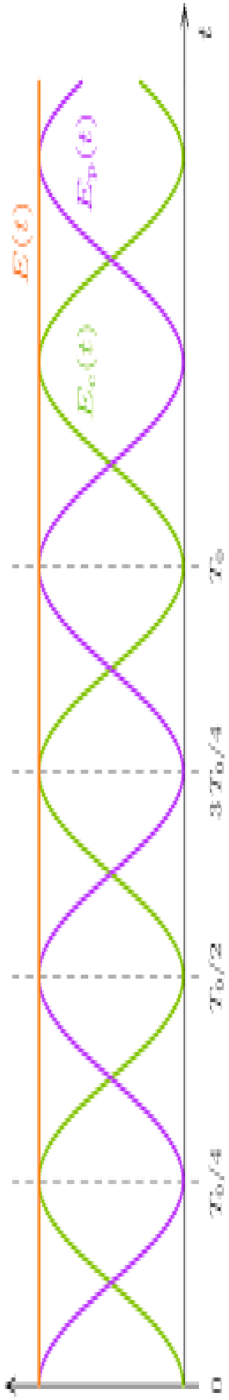
Exemple : Théorème de l'énergie mécanique.

Un skieur parti sans vitesse initiale du haut d'une piste à l'altitude 2720 m, il a parcouru la distance AB = 1 400 m dont la dénivellation est de 435 m.

Donnée : *intensité de pesanteur : g = 9,81 N.kg^{-1} ; masse du skieur : m = 90 kg.*

Rappel : v_B *= 92,4 m.s^{-1} (trouvé dans les questions précédentes)*

Déterminer la valeur f des forces de frottements qui s'exercent sur le skieur si la vitesse atteinte est en réalité de 70,9 m.s^{-1}.



Exemple : Théorème de l'énergie mécanique.

Un skieur parti sans vitesse initiale du haut d'une piste à l'altitude 2720 m, il a parcouru la distance AB = 1 400 m dont la dénivellation est de 435 m.

Donnée : *intensité de pesanteur : g = 9,81 N.kg^{-1} ; masse du skieur : m = 90 kg.*

Rappel : v_B *= 92,4 m.s^{-1} (trouvé dans les questions précédentes)*

Déterminer la valeur f des forces de frottements qui s'exercent sur le skieur si la vitesse atteinte est en réalité de 70,9 m.s^{-1}.

La variation de l'énergie mécanique est alors : $\boxed{\mathbf{E_{m_B} - E_{m_A} = W_{A\to B}(\vec{f})}}$

L'application du théorème conduit à : $\frac{1}{2}.m.v_B^2 + m.g.z_B - \frac{1}{2}.m.v_A^2 - m.g.z_A = -f.AB$

Donc: $f = -\frac{\frac{1}{2}.m.(v_B^2 - v_A^2) + m.g.(z_B - z_A)}{AB}$

A.N. : $f = -\frac{\frac{1}{2} \times 90 \times (70{,}8^2 - 0^2) + 90 \times 9{,}81 \times (0 - 435)}{1400} = \underline{1{,}1 \times 10^2\ \mathrm{N}}$