

Sujet n°9 : Énergie mécanique / conservation et non-conservation, exemples

Introduction

C'est en 1850 que William Thomson proposa d'employer « Energy » au lieu de « force ». William Rankine, ingénieur et physicien écossais (1820-1872) ayant perfectionné la machine à vapeur, parvint enfin en 1853 à formuler en termes modernes la conservation de l'énergie mécanique (potentielle plus cinétique).

Le mot « énergie » n'apparaît cependant pas avant 1875 dans la littérature scientifique française.

Qu'est ce que l'énergie mécanique et dans quels les cas se conserve-t-elle ?

- I) Energie mécanique
- II) Théorème de l'énergie mécanique
- III) Les cas de la conservation et non-conservation

- 1) a. l'énergie cinétique

Lorsqu'un système est en mouvement dans un référentiel donné, il possède une énergie dite cinétique qui dépend de sa masse m et de sa vitesse v . Cette grandeur ne peut être que positive ou nulle.

Énergie cinétique

L'énergie cinétique d'un système assimilé à un point matériel M est définie par la relation suivante :

$$E_c(M) = \frac{1}{2}mv^2$$

E_c l'énergie cinétique (en J)

m la masse du système (en kg)

v la norme du vecteur vitesse du système (en m.s⁻¹).

Cette expression reste valable uniquement pour un solide de masse m en translation et v désigne alors la vitesse de son centre d'inertie.

- 1) b. l'énergie potentielle de pesanteur

Le poids étant une force conservative, on peut lui associer une énergie potentielle dite de pesanteur notée E_{pp} .

Lorsque le système monte, il gagne en altitude donc il gagne en énergie potentielle de pesanteur : $\Delta E_{pp} > 0$.

Si le système descend c'est l'inverse, il perd de l'énergie potentielle de pesanteur : $\Delta E_{pp} < 0$.

Le niveau de référence des énergies potentielles de pesanteur peut être choisi de manière arbitraire. L'important est la variation d'énergie lorsqu'il y a une variation d'altitude.

La différence d'énergies potentielle de pesanteur est donc égale à moins le travail du poids

Énergie potentielle de pesanteur

La variation d'énergie potentielle de pesanteur entre un point A et un point B est donnée par la relation suivante :

$$\Delta E_{pp} = E_{pp}(B) - E_{pp}(A) = mgz_B - mgz_A = mg(z_B - z_A)$$

$$\Delta E_{pp} = mg(z_B - z_A)$$

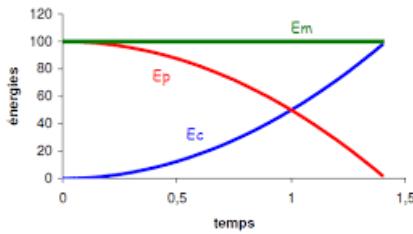
E_{pp} l'énergie potentielle de pesanteur (en J)

m la masse du système (en kg)

g l'intensité du champ de pesanteur (en m.s^{-2})

z l'altitude (en m)

1) c. L'énergie mécanique



L'énergie mécanique d'un corps dépend donc de sa vitesse, de sa masse et de sa hauteur par rapport au sol.

Énergie mécanique

L'énergie mécanique E_m d'un système est la somme de son énergie cinétique E_c et de son énergie potentielle E_p :

$$E_m = E_c + E_p$$

Lorsqu'un corps n'est soumis qu'à son poids et ne subit pas de frottements ou d'autres actions, son énergie mécanique se conserve.

Lorsqu'un corps est immobile, son énergie cinétique est nulle ; donc son énergie mécanique est égale à son énergie de position : $E_m = E_p$.

Lorsqu'un corps est en chute libre, sa hauteur diminue, donc son énergie de position diminue aussi ; mais étant donné que l'énergie mécanique reste constante, l'énergie cinétique augmente.

Exemple (optionnel)

Calculer l'énergie cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique avec un exemple simple

2) Théorème de l'énergie mécanique

Théorème de l'énergie mécanique

La variation de l'énergie mécanique d'un système est égale à la somme des travaux des forces non conservatives qui s'appliquent sur le système :

$$\Delta E_m = \sum W_{AB} (\vec{F}_{NC})$$

Démonstration :

D'après le théorème de l'énergie cinétique vu au chapitre précédent, la variation d'énergie cinétique est égale à la somme des travaux de toutes les forces extérieures appliquées au système, conservatives et non conservatives :

$$\Delta E_c = \sum W_{AB} (\vec{F}) = W_{AB} (\vec{F}_c) + W_{AB} (\vec{F}_{NC})$$

Or on a $E_m = E_c + E_p$ donc $\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p$.

De plus, la variation d'énergie potentielle est égale à l'opposé du travail des forces conservatives :

$\Delta E_p = -W_{AB} (\vec{F}_c)$ donc on obtient la relation suivante :

$$\Delta E_m = W_{AB} (\vec{F}_c) + W_{AB} (\vec{F}_{NC}) - W_{AB} (\vec{F}_c)$$

$$\Delta E_m = W_{AB} (\vec{F}_{NC})$$

3) Les cas de la conservation et non conservation

Conservation de l'énergie mécanique

Lorsque le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, alors l'énergie mécanique se conserve. L'énergie mécanique est constante et ses variations sont nulles :

$$\Delta E_m = 0 \iff E_m (A) = E_m (B)$$

$$\Delta E_c + \Delta E_p = 0$$

a. Le système n'est soumis qu'à des forces conservatives

Si le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, alors l'énergie mécanique se conserve, c'est-à-dire qu'elle reste constante au cours du temps : $\Delta E_{m_{AB}} = E_{m_B} - E_{m_A} = 0$

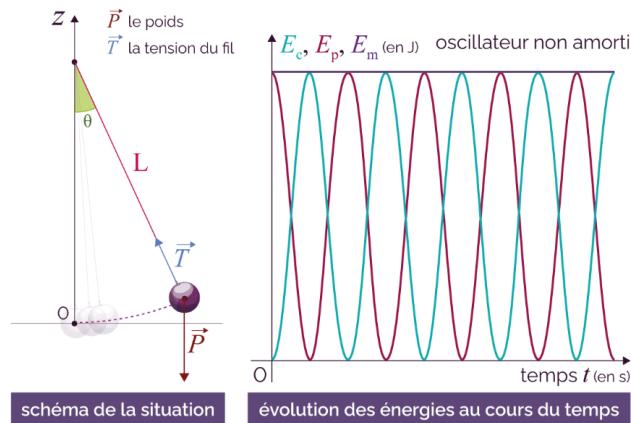
Les variations de E_c et E_p se compensent ainsi au cours du temps.

L'énergie mécanique E_m est bien la somme des énergies cinétiques E_c et potentielles E_p ;

L'énergie mécanique est constante au cours du temps ;

Lorsque l'énergie potentielle E_p diminue, l'énergie cinétique E_c augmente : l'énergie est donc transférée d'une forme à une autre.

Exemple – L'oscillation d'un pendule simple sans frottements

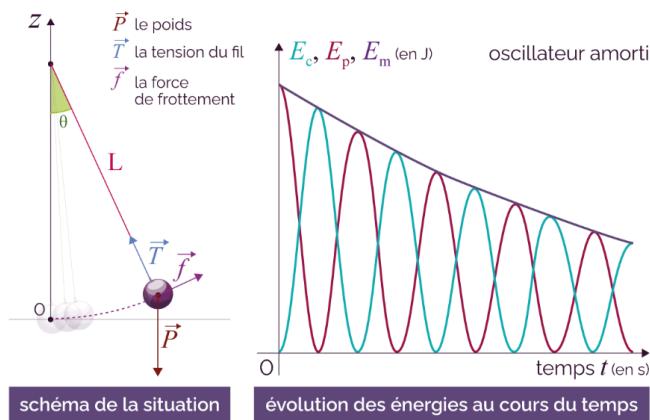


b. Le système est soumis à des forces non conservatives

La variation d'énergie mécanique du système correspond alors à la somme du travail de chaque force non conservative.

Si le travail de ces forces est négatif, alors $\Delta E_m < 0$: l'énergie mécanique diminue au cours du temps. Elle est progressivement dissipée sous forme de chaleur.

Exemple – L'oscillation d'un pendule simple avec frottements



L'énergie mécanique E_m est bien la somme des énergies cinétiques E_c et potentielles E_p ;

L'énergie mécanique décroît au cours du temps, elle n'est pas constante ;

Lorsque l'énergie potentielle E_p diminue, l'énergie cinétique E_c augmente : l'énergie est donc transférée d'une forme à une autre ;

Les courbes représentatives des énergies montrent bien que le système effectue des oscillations au cours du temps.

Conclusion

L'énergie mécanique d'un système peut être conservée ou non selon les forces qui agissent sur lui. Si seules des forces conservatives, comme la gravité ou l'élasticité, sont présentes, alors l'énergie mécanique reste constante. En revanche, si des forces dissipatives, comme le frottement, interviennent, une partie de cette énergie est transformée en chaleur et dissipée.