

Chapitre 1 : Formes et principe de conservation de l'énergie

I. Des différentes formes d'énergie

Rien ne se produit dans l'univers sans mise en jeu d'énergie ou sans l'intervention d'une interaction : énergie ou interaction sont deux façons complémentaires de décrire et comprendre les événements dans l'univers, leur évolution dans le temps...

1. Interactions et énergie

A toute interaction correspond une forme d'énergie associée. Cette dernière est une propriété de la matière, mais ne peut être observée qu'indirectement à partir de variations de vitesse, de position, de masse, de température, etc.

<i>Interaction fondamentale</i>	<i>Energie associée</i>
Interaction gravitationnelle	Energie potentielle de pesanteur
Interaction électromagnétique	Energie électrique, Energie chimique
Interaction forte ou faible	Energie nucléaire

Ces interactions peuvent mettre en mouvement un système matériel. Ce système possède alors en plus une énergie cinétique.

2. L'énergie cinétique

a. Rappels de mécanique

- Tout mouvement est décrit par rapport à un solide de référence appelé référentiel. On associe à chaque référentiel un repère d'espace et une horloge.
- Dans un référentiel, la vitesse v en $m.s^{-1}$ s'exprime comme le quotient entre la distance parcourue d en mètre et la durée du parcours Δt en seconde tel que :
$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

Rq : Si Δt tend vers 0, on parle alors de vitesse instantanée.
- Le corps étudié est appelé système. Si ces dimensions sont petites devant la taille du domaine sur lequel il évolue, le système pourra être considéré comme ponctuel, et assimilé à son centre de gravité G .
- Un solide est en translation si tous ses points ont le même mouvement. La translation peut-être rectiligne, circulaire, etc.

b. Expression de l'énergie cinétique

- L'énergie est une grandeur caractérisant la capacité d'un système à modifier son état, sa position ou son mouvement ou les trois à la fois. L'unité de l'énergie dans le système international est le joule, de symbole J .
- Dans un référentiel donné, l'énergie cinétique E_c (en J) d'un point matériel de masse m (en kg) et de vitesse instantanée v ($m.s^{-1}$) est toujours positive et égale à :

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

- Lors d'un déplacement du système, celui-ci passe d'un état initial à un état final. La variation d'énergie cinétique du système entre ces deux états est notée ΔE_c :
- $\Delta E_c = E_c(\text{finale}) - E_c(\text{initiale}) = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$
- L'énergie cinétique dépend du référentiel. Elle est toujours positive ou nulle, mais sa variation peut être, elle, négative.

3. L'énergie potentielle de pesanteur

Un solide de masse m est attiré vers le sol par son poids de valeur $P = mg$, où $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$. L'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} d'un solide est l'énergie qu'il possède du fait de son altitude par rapport à la Terre.

- On doit choisir un référentiel, et un repère (O, x, y, z) dans l'espace pour calculer une énergie potentielle de pesanteur. A l'origine O , on a $E_{pp}(O) = 0$, car l'altitude du point O est nulle : c'est l'altitude de la référence des énergies potentielles de pesanteur.
- **L'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} d'un solide de masse m au voisinage de la Terre, dont l'altitude de centre de gravité G est z_G selon un axe orienté vers le haut est :**

$$E_{pp} = mgz_G$$

Où E_{pp} est en joule (J), m en kilogramme (kg), g en N.kg^{-1} et z_G en mètre.

- Lors d'un déplacement du système, l'altitude de son centre de gravité passe de la valeur initiale z_i à la valeur finale z_f . La variation d'énergie potentielle de pesanteur du système lors de ce déplacement est notée ΔE_{pp} :

$$\Delta E_{pp} = E_{pp}(\text{finale}) - E_{pp}(\text{initiale}) = mg(z_f - z_i)$$

- L'énergie potentielle de pesanteur dépend de l'origine du repère, alors que sa variation n'en dépend pas. Sa variation dépend uniquement de la différence d'altitude entre l'état initial et l'état final, elle est donc indépendante du trajet réel suivi entre ces deux altitudes.

4. L'énergie mécanique

Dans un référentiel donné, un solide possède une certaine énergie potentielle de pesanteur, et une certaine énergie cinétique. **Par définition, l'énergie mécanique E_m est la somme de ces deux énergies :**

$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}mv^2 + mgz$$

5. Energies diverses

D'autres formes d'énergie existent :

- L'énergie potentielle élastique (dans le cas d'un ressort déformé)
- L'énergie thermique (due à l'agitation des molécules)
- L'énergie électromagnétique (associée à un rayonnement)
- L'énergie chimique (libérée lors d'une combustion par exemple ou présente dans une pile)

- L'énergie électrique créée par les entités chargées
- L'énergie nucléaire mise en jeu par les nucléons

II. Principe de conservation de l'énergie

1. Notion de système isolé

En physique-chimie, un système est un objet, un ensemble d'objet ou une partie d'objet auquel sera attribuée une énergie ou différentes formes d'énergie.

Un système sans interaction avec son environnement est appelé système isolé.

Rq : dans la réalité physique, un système isolé n'existe pas, car il va toujours exister des interactions avec son environnement. On travaillera souvent avec des systèmes « pseudo-isolés », où les interactions entre l'environnement et ce système se compensent.

2. Principe de conservation de l'énergie

Lors d'un processus physique ou chimique, l'énergie peut :

- changer de forme
- se transférer d'un système à un autre

L'énergie d'un système isolé ne peut être ni créée, ni détruite : elle se conserve. Elle peut changer de forme au sein du système, mais sa valeur totale reste constante.

3. Application à l'énergie mécanique

Lorsqu'un système en mécanique évolue sans subir de frottement, son énergie mécanique $E_m = E_c + E_p$ se conserve :

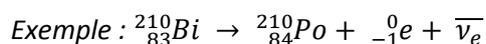
$$\Delta E_m = 0$$

4. Application au transfert thermique

- Lorsqu'un système mécanique est soumis à des forces de frottements, son énergie mécanique diminue : il y a dissipation d'énergie par transfert thermique.
- Lorsqu'un corps chaud et un corps froid, isolé du milieu extérieur, sont en contact l'un avec l'autre, il y a transfert thermique spontané du corps chaud vers le corps froid.

5. Application à la découverte du neutrino

En 1930, le principe de conservation de l'énergie appliquée à la désintégration β^- , a conduit Wolfgang Pauli à postuler l'existence d'une nouvelle particule : le neutrino. Cette particule ne fut découverte expérimentalement qu'en 1956.



III. Changements d'états et énergie

1. Description microscopique

- Selon sa température ou sa pression, une espèce chimique peut exister sous trois états physiques : solide, liquide ou gazeux. Ces trois états diffèrent par l'arrangement des atomes, molécules ou ions qui constituent l'espèce chimique.

- Immobile au niveau macroscopique, la matière est composée de particules en constante agitation, cette agitation étant d'autant plus rapide que la température de la matière considérée est élevée. Cette agitation est appelée « agitation thermique ».
- Le changement d'état d'un corps est une transformation physique au cours de laquelle le corps passe d'un état physique à un autre. A pression constante, ces changements d'états se font à température constante.

2. Echange d'énergie

Lorsque deux corps de températures différentes entrent en contact, il se produit entre eux un échange d'énergie, appelé transfert thermique. Ce transfert thermique peut entraîner :

- Une variation de la température des corps (le corps froid se réchauffe, et le corps chaud se refroidit)
- Un changement d'état physique pour l'un et/ou l'autre corps.

Par convention, on appelle Q l'énergie échangée, ou transfert thermique et :

- $Q > 0$ si le système étudié reçoit/absorbe de l'énergie
- $Q < 0$ si le système fournit/perd de l'énergie

Le transfert thermique cesse lorsque les deux corps sont à la même température. On est alors à l'équilibre thermique.

3. Mesure des transferts d'énergie thermique

a. Le calorimètre

- Les échanges thermiques ne se mesurent pas directement, mais ils peuvent être calculés, connaissant les variations de températures des corps.
- On utilise un calorimètre, qui est un récipient dont les parois ont été faites de manière à minimiser les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur. De cette manière, on peut considérer que le calorimètre est un système isolé, et que sa variation d'énergie totale est nulle. Ainsi, en interne, la somme des différents transferts thermiques doit être nulle :

$$\Delta E = 0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots$$

b. Transfert thermique sans changement d'état

Le transfert thermique Q , lors d'une réaction voyant une variation $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$ de la température d'une masse m d'un corps s'exprime par :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Où m est en kilogramme (kg), $\Delta\theta$ en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Q en joule (J), et c , la **capacité thermique massique** du corps en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$

c. Transfert thermique avec changement d'état

Lors d'un changement d'état, l'énergie reçue par le corps sert à briser les liaisons qui lient les particules du corps entre elles, leur faisant ainsi augmenter leur agitation thermique.

L'énergie de changement d'état Q est l'énergie qu'il faut apporter ou retirer par transfert thermique à un corps, ayant atteint la température de changement d'état, pour qu'il change d'état.

$$Q = m \cdot L$$

Où m est la masse du corps qui change d'état en (kg), et L l'énergie massique de changement d'état en ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$), également appelée chaleur latente de changement d'état.