



Fiche de synthèse n°10

Stockages et transferts d'énergie

1. Les propriétés de l'énergie

Le mot énergie est très présent dans le langage courant mais son sens *en physique* est parfois différent de celui qu'on lui donne au quotidien. L'énergie est une grandeur physique que l'on définit par ses propriétés.

1.1. Propriété n°1 : l'énergie peut être STOCKÉE

Un système peut stocker de l'énergie : il constitue alors un **réservoir d'énergie**.

Une énergie peut être stockée sous différentes « formes » : par exemple l'énergie cinétique, vue en classe de première, est une forme d'énergie stockée.

1.2. Propriété n°2 : l'énergie peut CHANGER DE FORME

Un réservoir peut stocker différentes formes d'énergie, par exemple de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle (parfois appelée « énergie de position » dans les programmes du collège). Au cours d'une transformation il est possible que l'énergie stockée par le système **change de forme**.

► **Par exemple**, au cours d'une chute, une partie de l'énergie potentielle stockée par le système se transforme en énergie cinétique.

1.3. Propriété n°3 : l'énergie peut être TRANSFÉRÉE d'un système à l'autre

Un réservoir peut céder une énergie à un autre réservoir. On parle alors de **transfert d'énergie**.

Une force (via son travail, notion abordée en 1^{ère}), l'électricité, la propagation de chaleur, etc., sont des phénomènes pouvant assurer des transferts d'énergie.

1.4. Propriété n°4 : l'énergie SE CONSERVE

Le principe de conservation de l'énergie énonce que **l'énergie se conserve**.

Ce principe peut être formulé de différentes manières :

- L'énergie totale de l'univers est constante.
- Si l'énergie d'un système augmente d'une certaine quantité, alors l'énergie d'un ou plusieurs autres systèmes a forcément diminué de la même quantité.
- Si l'énergie stockée par un système varie, cela ne peut résulter que des transferts entre lui et les autres systèmes. C'est cette dernière formulation qui sera la plus fonctionnelle.

On peut traduire le principe de conservation par l'équation (appelée « équation de conservation ») :

$$\sum \Delta E_{\text{stockée}} = \sum \text{transferts d'énergie}$$

variation de l'énergie stockée par le réservoir = somme des énergie transférées

Remarque : le théorème de l'énergie cinétique, introduit en classe de 1^{ère}, est une formulation, en mécanique, du principe de conservation :

$$\Delta E_c = \sum W(\vec{F})$$

variation de l' E_c stockée = somme des travaux des forces



2. Les formes d'énergie stockée

On distingue trois formes d'énergies stockées : l'énergie cinétique, abordée en classe de première, l'énergie potentielle, dont une définition sommaire est donnée ci-après mais qui sera largement approfondie dans la séquence suivante et l'énergie interne.

2.1. L'énergie cinétique

L'énergie cinétique est l'énergie stockée par un système du fait de son **mouvement**.

Un système de masse m animé d'une vitesse de valeur v stocke une énergie cinétique de valeur :

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

Remarque : la valeur de l'énergie cinétique (comme celle de la vitesse) dépend du référentiel d'étude.

2.2. L'énergie potentielle

L'énergie potentielle E_p est l'énergie que stocke un système du fait de ses **interactions avec l'extérieur**, et qui peut se transformer en énergie cinétique.

Exemples :

- Un objet massif dans le champ de pesanteur stocke une énergie potentielle de pesanteur : au cours de sa chute, son interaction avec la Terre conduira à une augmentation de son énergie cinétique.
- Un objet électriquement chargé, s'il est placé dans un champ électrostatique, stocke une énergie potentielle électrostatique.

Remarques :

- Cette définition est une première approche de la notion d'énergie potentielle et sera précisée dans la séquence suivante.
- L'énergie « de position » abordée en classe de 3^{ème} est en réalité ce que nous appellerons désormais l'énergie potentielle de pesanteur.

2.3. L'énergie interne

L'énergie interne, généralement notée U , est la somme des énergies (cinétiques et/ou potentielles), à **l'échelle microscopique**, des particules qui constituent le système.

Un système stocke de l'énergie interne si :

- sa température est non nulle (les particules sont agitées) : on parle d'énergie interne thermique ;
- il est susceptible d'être le siège d'une réaction chimique : on parle d'énergie interne chimique ;
- il est susceptible d'être le siège d'une transformation nucléaire : on parle d'énergie interne nucléaire ;
- etc.

2.4. L'énergie totale stockée

L'énergie totale que stocke un système est la somme des ses énergies cinétique, potentielle et interne :

$$E_{tot} = E_c + E_p + U$$

En résumé...

- ▶ E_c est l'énergie stockée due au **mouvement** du système ;
- ▶ E_p est l'énergie stockée due aux **interactions** avec l'extérieur ;
- ▶ U est l'énergie stockée à **l'échelle microscopique** (agitation thermique, interactions chimiques nucléaires, etc.).



3. Les transferts d'énergie

3.1. Les deux modes de transfert d'énergie

Les transferts d'énergie sont classés en deux catégories : le transfert par travail et les transferts thermiques :

Transferts		Phénomènes associés
Transfert par travail W	Travail mécanique	Exercice d'une force par un système sur un autre, provoquant la variation de la valeur de la vitesse d'au moins l'un d'entre eux.
	Travail électrique ou transfert électrique d'énergie	Courant électrique assurant le transfert d'énergie entre un générateur et un récepteur électrique.
Transferts thermiques Q	Par conduction	Propagation de la chaleur de proche en proche dans la matière entre un corps chaud et un corps froid. Concerne les solides, les liquides et les gaz.
	Par convection	Propagation de la chaleur par un mouvement macroscopique de matière. Ne concerne que les liquides et les gaz.
	Par rayonnement	Ondes électromagnétiques.

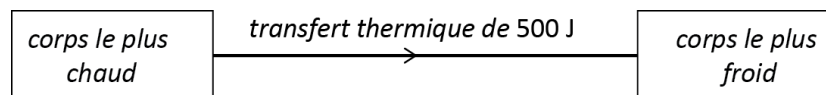
3.2. Algébrisation des transferts

Une énergie transférée est une valeur **algébrique**. Pour un système donné, le signe d'une énergie transférée renseigne sur le **sens** du transfert :

- ▶ le transfert est compté positivement s'il représente une énergie reçue par le système ;
- ▶ le transfert est compté négativement s'il représente une énergie cédée par le système.

Le signe attribué à un transfert d'énergie **dépend donc du système** considéré.

Exemple : deux solides de températures différentes sont mis en contact, ils échangent donc de l'énergie par conduction thermique (cas particulier du transfert thermique). Supposons que l'énergie transférée ait une valeur de 500 J :



Alors :

- $Q = +500 \text{ J}$ si le système considéré est le corps le plus froid : il reçoit 500 J ;
- $Q = -500 \text{ J}$ si le système considéré est le corps le plus chaud : il cède 500 J.

3.3. Puissance d'un transfert

La puissance est une énergie transférée par unité de temps en **valeur absolue** :

$$P = \frac{|W|}{\Delta t} \quad \text{ou} \quad P = \frac{|Q|}{\Delta t}$$

- $|W|$ ou $|Q|$ est, en valeur absolue, une énergie transférée (travail ou transfert thermique) exprimée en **joule J** ;
- Δt est la durée du transfert, exprimée en s ;
- P est la puissance du transfert, exprimée en **watt W** ($1 \text{ W} = 1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$)



4. Chaînes énergétiques

Une chaîne énergétique est un diagramme qui figure les transferts d'énergie dans une situation donnée.

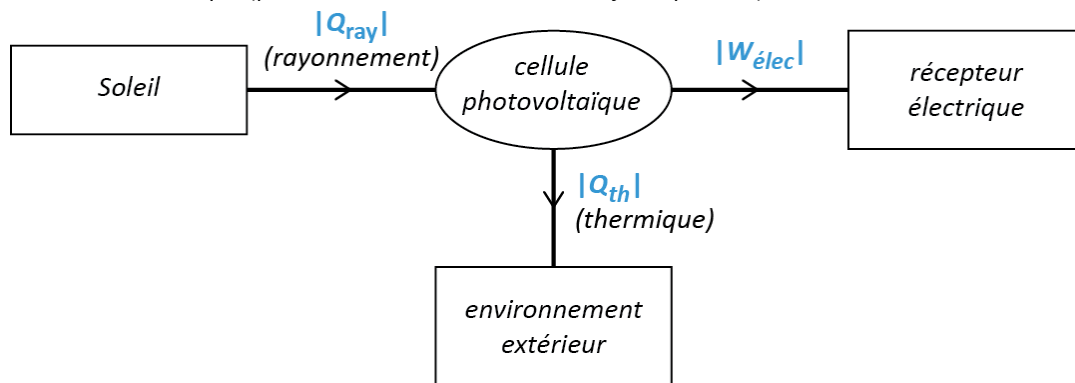
4.1. Réservoirs et convertisseurs

On distinguera :

- ▶ **Les réservoirs d'énergie** : l'énergie totale qu'ils stockent peut varier. Ils seront représentés dans des rectangles.
- ▶ **Les convertisseurs d'énergie** : leur énergie stockée ne varie pas. La somme des énergies qu'ils reçoivent est donc forcément égale à la somme des énergies qu'ils cèdent. Ils seront représentés dans des ellipses.

Exemple : un panneau photovoltaïque convertit l'énergie qu'il reçoit par rayonnement :

- en travail électrique cédé au récepteur censé être alimenté ;
- en transfert thermique (phénomène indésirable mais toujours présent).



Comme la cellule photovoltaïque est un convertisseur, la conservation de l'énergie s'écrit :

- en valeur absolue : $|Q_{\text{ray}}| = |W_{\text{elec}}| + |Q_{\text{th}}|$
- en valeur algébrique, le système étant la cellule photovoltaïque : $\underbrace{Q_{\text{ray}}}_{>0} + \underbrace{W_{\text{elec}}}_{<0} + \underbrace{Q_{\text{th}}}_{<0} = 0$

4.2. Le rendement d'un convertisseur

Le rendement d'un convertisseur est le quotient (souvent exprimé en pourcentage) :

$$\eta = \left| \frac{\text{énergie utile cédée}}{\text{énergie reçue}} \right| = \frac{\text{puissance utile cédée}}{\text{puissance reçue}}$$

À propos de l'énergie « utile » cédée :

Un convertisseur dissipe toujours une partie de l'énergie qu'il reçoit par transfert thermique. Cela peut être l'effet souhaité (dans le cas d'un système de chauffage par exemple) mais, souvent, il s'agit d'un phénomène indésirable.

L'énergie utile est le transfert pour lequel le convertisseur a été conçu.

- ▶ **Par exemple**, dans le cas de la cellule photovoltaïque précédente, l'énergie utile est W_{elec} : la cellule a été conçue pour produire de l'électricité et non pas un échauffement. Son rendement vaut donc :

$$\eta = \left| \frac{W_{\text{elec}}}{Q_{\text{ray}}} \right| = \frac{P_{\text{elec}}}{P_{\text{ray}}}$$