

Introduction à la thermodynamique

I. Objet de la thermodynamique

On appelle **thermodynamique** la branche de la physique et de la chimie liée à l'étude du comportement thermique des corps, à l'étude de l'énergie et de ses transformations.

Un système thermodynamique est un objet « macroscopique contenant un nombre extrêmement grand d'entités microscopiques (atomes, molécules...).

Une grandeur d'état est une grandeur physique permettant de décrire l'état et les propriétés macroscopiques du système, lorsqu'il est à l'équilibre thermodynamique, à partir de son comportement microscopique.

Une fonction d'état est une fonction décrivant le système et qui ne dépend que des grandeurs d'état. Elle ne peut être définie que dans un état d'équilibre.

II. Energie d'un système thermodynamique

L'énergie totale E d'un système thermodynamique est une fonction d'état qui est la somme de toutes les formes d'énergie du système dans un état donné. Ces énergies se répartissent en **énergie macroscopique** (aussi appelée énergie mécanique E_m) et en **énergie microscopique** (aussi appelé énergie interne U).

$$E = U + E_m = E_{\text{micro}} + E_{\text{macro}}$$

L'énergie macroscopique résulte du comportement d'ensemble du système, tandis que l'énergie interne est celle due aux entités microscopiques indépendamment de ce comportement d'ensemble.

1. Energie macroscopique, E_m : L'énergie mécanique d'un corps correspond à la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle,
2. Energie interne d'un corps : Tout comme l'énergie mécanique, l'énergie interne d'un corps peut prendre deux formes : $U = E_{c_{\text{micro}}} + E_{p_{\text{micro}}}$
 - L'énergie cinétique microscopique du corps est associée à l'agitation thermique des entités qui le constituent (atomes, ions, molécules).
 - L'énergie potentielle microscopique du corps est associée à l'énergie chimique des entités qui le constituent, sous la forme notamment de l'énergie de liaison des molécules.

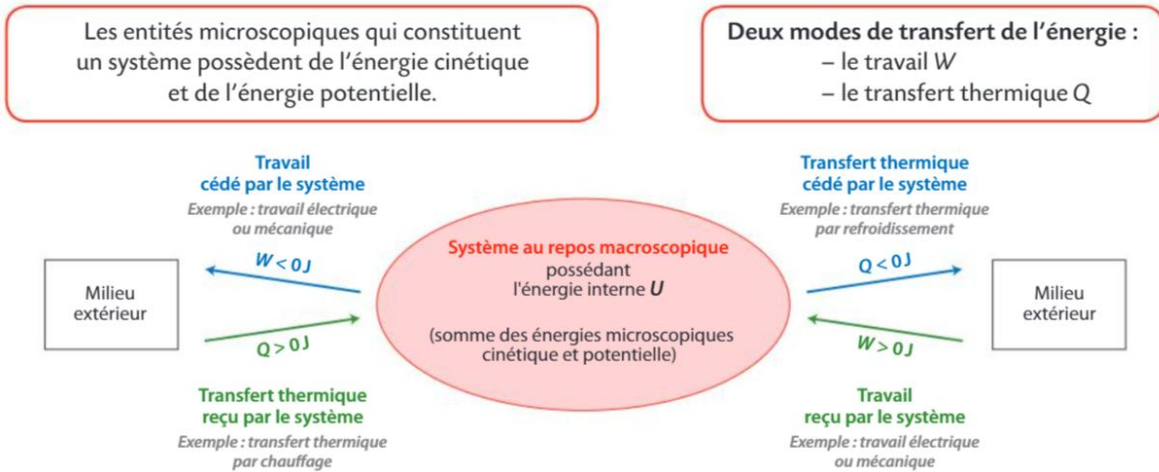
III. Transformation thermodynamique et échanges énergétiques

Un système subit une transformation thermodynamique lorsqu'il passe d'un état d'équilibre initial à un état d'équilibre final en échangeant de l'énergie avec le milieu extérieur.

Du point de vue énergétique, on distingue deux grandeurs susceptibles d'être échangées par le système avec le milieu extérieur :

- Le travail ou transfert mécanique, noté W et mesuré en joules, correspond à un transfert d'énergie lorsqu'une force est mise en jeu.
 - Lorsque le système subit une force de la part du milieu extérieur, il reçoit un travail, dont la valeur sera par convention positive. L'énergie interne du système augmente.
 - Lorsque le système exerce une force sur le système extérieur, il fournit un travail, dont la valeur sera par convention négative. L'énergie interne du système diminue.
 - Lorsque le système subit une transformation ne mettant en jeu aucun travail, cette transformation est dite isochore
- La chaleur ou transfert thermique, notée Q et mesurée en joules, correspond à un transfert d'énergie lorsque le système a une température différente du milieu extérieur.

- Lorsque la température du système est inférieure à celle du milieu extérieur, il reçoit de la chaleur, dont la valeur sera par convention positive. L'énergie interne du système augmente.
- Lorsque la température du système est supérieure à celle du milieu extérieur, il fournit de la chaleur, dont la valeur sera par convention négative. L'énergie interne du système diminue.
- Lorsque le système subit une transformation ne mettant en jeu aucune chaleur, cette transformation est dite adiabatique.



III. Le premier principe de la thermodynamique

1. Enoncé du premier principe

La thermodynamique repose sur plusieurs grands principes.

Le premier d'entre eux repose sur la loi fondamentale de la physique de conservation de l'énergie. Si un système subit une transformation qui l'amène d'un état A à un état B, alors la variation de son énergie E est égale aux variations d'énergie qu'il a échangées algébriquement, tout au long de la transformation, avec le milieu extérieur, sous forme de travail W et de chaleur Q :

$$\Delta E_{A \rightarrow B} = \epsilon_{\text{échangée, } A \rightarrow B} \text{ soit } \Delta U_{A \rightarrow B} + \Delta E_{m, A \rightarrow B} = W_{A \rightarrow B} + Q_{A \rightarrow B}$$

En thermodynamique on se place fréquemment dans le cas d'un système d'énergie **mécanique constant** (pas de mouvement d'ensemble). On écrit alors une version simplifiée du premier principe :

$$\Delta U_{A \rightarrow B} = W_{A \rightarrow B} + Q_{A \rightarrow B}$$

2. Exploitation du premier principe

D'un point de vue pratique, pour utiliser le premier principe il faut faire un bilan énergétique en faisant apparaître :

- Les formes d'énergie du système qui varient lors de la transformation (ou non), soit E_m ou U ;
- L'ensemble des énergies qui ont été échangées entre le système et l'extérieur pendant la transformation, soit W et Q .

Puis on écrit le premier principe pour lier ces grandeurs et déterminer celles qui sont inconnues.

Dans le cas simple d'un système incompressible d'énergie mécanique constante qui n'échange pas de travail avec l'extérieur :

$$\Delta U_{A \rightarrow B} = m \times c_m \times (T_B - T_A) = Q_{A \rightarrow B}$$

m : la masse du système en kg

c_m : la capacité thermique massique en $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ (qui correspond à l'énergie qu'il faut fournir au système de 1kg pour que sa température augmente de 1K)

T_A, T_B : la température en Kelvin

Rq : La capacité thermique est définie par : $C = m.c_m$