

# Gaz parfait et bilan d'énergie d'un système

## I. Décrire un système thermodynamique

**Définition :** Un système thermodynamique est un système constitué d'un nombre de particules de l'ordre d'une mole soit  $6.02 \times 10^{23}$  particules.

On décrit l'état d'un système thermodynamique par la pression, la température, le volume occupé, la quantité de matière. On appelle ces grandeurs : paramètres de l'état.

### A) Monde microscopique et macroscopique

On a :

$$p = \frac{F}{S}$$

où  $F$  est la force pressante résultant des forces exercées par les chocs des molécules sur la surface  $S$  en  $m^2$  en Newton N, et  $p$  la pression.

La pression  $p$  est une donnée macroscopique tandis que les chocs des molécules sont des données microscopiques.

La température en Kelvin  $K$  d'un gaz est une mesure macroscopique, liée à l'énergie cinétique des molécules  $E_c$  qui est une donnée microscopique.

### B) Le gaz parfait

**Définition :** Un gaz parfait est un gaz où on assimile les molécules le constituant à des points matériels (on néglige le volume des molécules) et dont les interactions à distance entre molécules sont aussi négligées.

Un gaz parfait vérifie la relation :

$$p \times V = n \times R \times T$$

où  $R$  est la constante des gaz parfaits  $8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

## II - Bilan d'énergie : le premier principe de la thermodynamique

### A) L'énergie interne $U$

On a :

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

Or, dans le cas d'un gaz parfait  $E_{\text{macro}} = 0$ .

Donc

$$U = E_{\text{micro}}$$

Il faut présenter le système d'étude en mettant en avant le frontière du système avec son environnement extérieur. En fonction des propriétés des frontières du système, le bilan énergétique peut être modifié.

— Si la frontière est :

- **isolé**, alors le système n'échange ni matière, ni énergie avec l'extérieur.
- **fermé**, alors le système peut échanger de l'énergie mais pas de matière avec l'extérieur.
- **ouvert**, alors le système peut échanger de l'énergie et de la matière avec l'extérieur.

On se limite à des systèmes fermés cette année.

### B) Mode de transfert de l'énergie

Le travail  $W$  (électrique, mécanique) et la chaleur  $Q$  sont deux moyens de transfert énergétique entre le système et l'extérieur.

Par convention, si l'échange d'énergie est positif, alors le système reçoit de l'énergie ; si l'échange d'énergie est négatif, alors le système fournit de l'énergie.

3 modes de transfert :

- **Conduction** : Contact entre corps de température différente.
- **Rayonnement** : Transfert d'énergie par un rayonnement électromagnétique.
- **Convection** : Transfert d'énergie par le déplacement d'un fluide.

### 1° Le flux thermique

**Définition :** Le flux thermique  $\Phi$  (en watt) permet d'évaluer le débit d'énergie, i.e. le nombre de joules transférés toutes les secondes à travers les parois du système.

### 2° La résistance thermique

On a la résistance thermique  $R_{th}$  :

$$R_{th} = \frac{|\Delta\theta|}{\Phi}$$

où  $\Delta\theta$  la variation de température.  
et pour une plaque isolante :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

## C) Le premier principe de la Thermodynamique pour un système fermé

Le premier principe de la thermodynamique ou aussi appelé le bilan d'énergie pour un système fermé s'écrit :

$$\Delta(E_c + U) = W + Q$$

Lorsque le système est macroscopiquement au repos ( $E_c = 0$ ), on obtient :

$$\Delta U = W + Q$$

## D) Capacité thermique

**Définition :** La capacité thermique  $C$  (en  $J.K^{-1}$ ) correspond à l'énergie à fournir au système pour élever sa température d'un degré (avec son volume constant).

Pour un système incompressible et un gaz parfait, on a :

$$\Delta U = C \times \Delta T$$

$\Delta T$  la variation de température.

## III. Évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat

**Définition :** Un thermostat est un système capable d'échanger de l'énergie sous forme de transferts thermiques sans que sa température ne soit modifiée.

La loi phénoménologique de Newton permet de caractériser les échanges thermiques élémentaires  $\delta Q$  d'une phase condensée (un liquide ou un solide) en contact avec un thermostat pendant une durée infinitésimale  $dt$  tel que :

$$\delta Q(t) = h \times S \times (T_{ext} - T(t)) \times dt \quad \text{avec } h \text{ le coefficient de transfert conducto-convectif (W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}$$

De cela, on obtient :

$$\Phi(t) = h \times S \times (T_{ext} - T(t))$$

## 1° Équation différentielle

Le thermostat est un solide, donc  $W = 0$ , ainsi :

$$\Delta U = Q \quad \text{et} \quad \Delta U = C \times \Delta T = Q$$

Comme  $\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$  alors  $Q = \Phi \times \Delta t$

Donc :

$$\Phi \times \Delta t = C \times \Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta t \times h \times S \times (T_{\text{ext}} - T(t)) = C \times \Delta T$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{h \times S}{C} (T_{\text{ext}} - T(t))$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{dT}{dt}$$

Donc :

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{h \times S}{C} \times T(t) + \frac{h \times S}{C} \times T_{\text{ext}} \quad \text{voilà l'équation différentielle}$$

La solution est  $T(t) = (T_0 - T_{\text{ext}}) \times e^{-\frac{h \times S}{C} t} + T_{\text{ext}}$  avec  $k = \frac{h \times S}{C}$ .