

Chap XV : Le premier principe de la thermodynamique

La thermodynamique est l'étude des échanges d'énergie (en particulier thermique) entre un système thermodynamique et l'extérieur.

I. Le système thermodynamique.

Ressource : vidéo V15a

1°- Description d'un système thermodynamique.

Un système thermodynamique est un échantillon de matière constitué d'un grand nombre de particules (N_A).

L'état d'un système thermodynamique est décrit par des grandeurs **macroscopiques**, liées à ce qui se passe à l'échelle des particules, c'est-à-dire à l'état **microscopique**.

La thermodynamique s'intéresse aux échanges d'énergie entre le système et l'extérieur, lorsque le système est **au repos macroscopiquement**, c'est-à-dire que son énergie mécanique ne varie pas. Les échanges d'énergie avec l'extérieur correspondront alors à des variations de **l'énergie interne du système, noté U** , liée à l'état microscopique du système.

Lien entre grandeurs macroscopiques (dits paramètres d'état) et propriétés microscopiques.

Grandeurs macroscopiques	Échelle microscopique
Pression P	Fréquence des chocs des particules sur les parois du système
Volume V	Espace occupé par les particules
Température T	Agitation des particules
Quantité de matière n	Nombre de particules

2°- Un exemple de système thermodynamique : Le Gaz Parfait.

Un gaz parfait est un modèle décrivant un système thermodynamique idéal formé d'entités dispersées et désordonnées et reposant sur 2 hypothèses :

- Les particules constituant le gaz sont **ponctuelles** (on néglige le volume des particules devant le volume de l'enceinte qui les contient)
- Les particules n'ont **pas d'interaction** entre elles. (On néglige toutes les interactions à distance et seuls les chocs avec les parois de l'enceinte agissent sur les particules)

GAZ PARFAIT	
À l'échelle macroscopique	Comportement à l'échelle microscopique
Le gaz parfait est au repos à la température T (en K).	<ul style="list-style-type: none"> • Mouvement incessant et désordonné des entités du gaz, assimilées à des points matériels • Pas d'interaction entre elles
La pression P (en Pa) est faible.	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de chocs entre les entités du gaz • Chocs seulement entre les entités du gaz et la paroi
La masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$ (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) est très faible.	Entités du gaz très éloignées les unes des autres

Un gaz parfait vérifie l'équation d'état des gaz parfaits qui relie les grandeurs macroscopiques entre-elles :

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

Quantité de matière n en mol

P en Pa

V en m^3

T en K

Constante des gaz parfaits en $\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Les limites du modèle du gaz parfait :

Un gaz réel ne peut être assimilé à un gaz parfait que si sa masse volumique et sa pression sont faibles.

II. Le premier principe de la thermodynamique.

Ressource : vidéo V15b

1°- L'énergie interne d'un système.

L'énergie interne décrit l'état microscopique du système.

L'énergie interne U d'un système macroscopique est liée à l'énergie microscopique du système. Elle s'exprime en Joule.

C'est la somme de l'énergie cinétique microscopique (liée à l'agitation des particules) et de l'énergie

2°- Energie d'un système et transferts d'énergie.

L'énergie d'un système macroscopique est la somme de son énergie macroscopique (E_c et E_p) et de son énergie microscopique U .

L'énergie d'un système ne peut varier que s'il échange de l'énergie avec l'extérieur. (Principe de conservation de l'énergie)

Ces transferts d'énergie ne peuvent se faire que sous 2 formes : Travail W et Chaleur Q .

Le travail et la chaleur sont des grandeurs algébriques. Par convention, ils sont comptés :

- **positivement** s'ils sont **reçus** par le système.
- **négativement** s'ils sont **cédés** par le système.

La chaleur, notée Q est un transfert d'énergie thermique. Elle s'exprime **en Joule**.

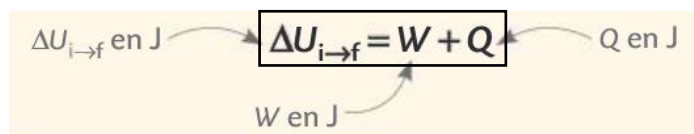
3°- Bilan d'énergie et Premier principe de la thermodynamique.

Faire un bilan d'énergie revient à calculer la variation d'énergie d'un système en analysant les transferts d'énergie entre le système et le milieu extérieur.

Pour un système macroscopique, ce bilan s'écrit $\Delta E_{syst} = \Delta E_c + \Delta E_p + \Delta U = W + Q$
soit $\Delta E_{syst} = \Delta E_m + \Delta U = W + Q$

Premier principe de la thermodynamique

Pour un système thermodynamique fermé (sans échange de matière avec l'extérieur) et au repos macroscopique ($\Delta E_m = 0$)



Exemple : Dans une bouilloire, l'eau est chauffée par un conducteur ohmique (résistance). Pour le système conducteur ohmique, fermé et au repos, on peut représenter schématiquement le bilan d'énergie ainsi :



On a alors $\Delta U_{syst} = W + Q$

si $|W| > |Q|$, $\Delta U > 0$, et l'énergie interne du système augmente.

si $|W| < |Q|$, $\Delta U < 0$, et l'énergie interne du système diminue.

si $|W| = |Q|$, $\Delta U = 0$, et l'énergie interne du système reste constante.

4°- Energie interne d'un système incompressible.

Pour un système incompressible (liquide ou solide) la **variation d'énergie interne** est **proportionnelle** à la **variation de température** du système. Le coefficient de proportionnalité dépend de la substance constituant le système et est appelé **capacité thermique C**.

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

ΔU : variation d'énergie interne (J) ΔT : variation de température du système (K)
C : capacité thermique ($J \cdot K^{-1}$)

Attention : La variation de température prend la même valeur en kelvin ou en degré celsius. $\Delta T(K) = \Delta \theta(^{\circ}C)$

Remarque :

La capacité thermique représente l'énergie absorbée par le système pour élever sa température de 1 K (ou de 1°C).

On utilise parfois la capacité thermique massique c , telle que $C = m \times c$. Elle s'exprime en $J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$.

Matériau	$c (J \cdot kg^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1})$
Aluminium Al (s)	897
Eau H ₂ O (s)	$2,06 \times 10^3$
Éthanol C ₂ H ₅ OH (ℓ)	$2,44 \times 10^3$
Eau H ₂ O (ℓ)	$4,18 \times 10^3$