

Chapitre 14

Thermodynamique : énergie interne et premier principe

14.1	Modèle du gaz parfait	60
14.1.1	Grandeurs thermodynamiques	60
14.1.2	Équation d'état d'un gaz parfait	60
14.2	Énergie interne et premier principe de la thermodynamique	60
14.2.1	Énergie interne	60
14.2.2	Travail et chaleur	61
14.2.3	Premier principe de thermodynamique	61
14.2.4	Capacité thermique pour un système incompressible	61

EN mécanique, on a étudié des mouvements en ne tenant compte que des **actions extérieures** appliquées au système. En réalité, le système peut subir des variations internes d'énergie, notamment en fonction des variations de température et pression internes. L'étude de ces phénomènes est appelée la **thermodynamique**.

Le plan du chapitre est le suivant :

- Modèle du gaz parfait
- Énergie interne et premier principe de la thermodynamique

14.1 Modèle du gaz parfait

14.1.1 Grandeurs thermodynamiques

Grandeurs thermodynamiques

Pour définir un **système thermodynamique**, on utilise en général quatre grandeurs physiques :

- La **pression** P (en Pa)
- La **température** T (en K)
- Le **volume** V (en m^3)
- La **quantité de matière** n (en mol)

14.1.2 Équation d'état d'un gaz parfait

Équation d'état d'un gaz parfait

Un **gaz parfait** est un gaz constitué d'entités ne présentant aucune interaction intermoléculaire, et dont le volume propre du gaz contenu est négligeable devant le volume du contenant. L'**équation d'état d'un gaz parfait** à la pression P , la température T , le volume V et la quantité de matière n est la suivante :

$$PV = nRT$$

$R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ la **constante des gaz parfaits**

14.2 Énergie interne et premier principe de la thermodynamique

14.2.1 Énergie interne

Lorsque l'on étudie un système thermodynamique, il présente une énergie mécanique $E_{m(\text{macro})} = E_{c(\text{macro})} + E_{p(\text{macro})}$, qui traduit le bilan d'énergie du système à l'échelle macroscopique, dépendant des actions extérieures appliquées au système. On considèrera dans ce qui suit que le système est immobile à l'échelle macroscopique.

En réalité, un système peut subir des variations d'énergie à l'échelle microscopique, que ce soit des variations d'énergie cinétique ou potentielle. L'énergie interne est la grandeur permettant de traduire

ces échanges d'énergie microscopique entre le système et le milieu extérieur.

Énergie interne

L'**énergie interne** U (en J) d'un système thermodynamique est la résultante des énergies cinétique et potentielle à l'échelle microscopique.

14.2.2 Travail et chaleur

Travail et chaleur

- **Le travail** W (en J) d'un système thermodynamique est l'**énergie** d'origine **mécanique** (donc de mouvement) échangée entre le système et le milieu extérieur.
- **La chaleur** Q (en J) d'un système thermodynamique est l'**énergie** d'origine **thermique** échangée avec le milieu extérieur.

Remarque :

- $W > 0$ et/ou $Q > 0$: énergie **reçue** par le système
- $W < 0$ et/ou $Q < 0$: énergie **cédée** par le système

14.2.3 Premier principe de thermodynamique

Premier principe de la thermodynamique

Lorsqu'un système thermodynamique **fermé** (pas d'échange de matière avec l'extérieur) subit une transformation, sa variation d'énergie interne ΔU entre l'état initial et l'état final, est égale à la somme de la quantité de travail W et de chaleur Q échangée avec le milieu extérieur :

$$\Delta U = W + Q$$

Remarque : Cette loi permet de généraliser le théorème de l'énergie mécanique quant à la conservation de l'énergie d'un système. La variation totale d'énergie d'un système, s'il est en mouvement, est donc : $\Delta E = \Delta E_m + \Delta U$

14.2.4 Capacité thermique pour un système incompressible

Pour rappel, on dit qu'un système est **incompressible** lorsqu'il ne subit pas de variation de volume. On peut en général faire cette hypothèse pour les liquides et les solides. Dans ce cas, le travail W est nul et $\Delta U = Q$. Le système subit uniquement des transferts thermiques. On considèrera également que le système ne subit aucun changement d'état, transformation chimique ou nucléaire.

Capacité thermique

Lorsqu'un système thermodynamique incompressible subit un transfert thermique, sa variation d'énergie interne ΔU est proportionnelle à la variation de température ΔT :

$$\Delta U = C\Delta T = mc\Delta T$$

ΔU la variation d'énergie interne (en J)

ΔT la variation de température (en K)

m la masse (en kg)

C la **capacité thermique** (en J.K^{-1})

c la **capacité thermique massique** (en $\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$)