

## Chapitre 15

# Thermodynamique : énergie interne et premier principe

---

<b>15.1</b>	<b>Modèle du gaz parfait . . . . .</b>	<b>92</b>
15.1.1	Grandeurs thermodynamiques . . . . .	92
15.1.2	Équation d'état d'un gaz parfait . . . . .	92
<b>15.2</b>	<b>Énergie interne et premier principe de la thermodynamique . . . . .</b>	<b>92</b>
15.2.1	Énergie interne . . . . .	92
15.2.2	Travail et chaleur . . . . .	93
15.2.3	Premier principe de thermodynamique . . . . .	93
15.2.4	Capacité thermique pour un système incompressible . . . . .	93

---

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

## 15.1 Modèle du gaz parfait

### 15.1.1 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  $\text{m}^3$ )
- La **quantité de matière**  $n$  (en mol)

### 15.1.2 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**

## 15.2 Énergie interne et premier principe de la thermodynamique

### 15.2.1 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.

### 15.2.2 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

### 15.2.3 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  $\Delta U$  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 :  $\Delta E = \Delta E_m + \Delta U$

### 15.2.4 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  $\Delta U$  est proportionnelle à la variation de température  $\Delta T$  :

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

$\Delta U$  la variation d'énergie interne (en J)

$\Delta T$  la variation de température (en K)

$m$  la masse (en kg)

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

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