

Premier principe de la thermodynamique

Niveau : PCSI

June 7, 2025

Bibliographie

Physique PCSI (2016) - Dunod
Thermodynamique - DGLR
Thermodynamique générale et appliquée - Bretonnet

Prérequis

Système thermodynamique : système constitué d'un grand nombre de particules microscopiques.
Typiquement de l'ordre d'Avogadro
Système ouvert/fermé/isolé
Variables d'état : grandeurs macroscopiques permettant de définir l'état d'un système thermodynamique.
Grandeurs extensives et intensives
Équilibre thermodynamique : toutes les variables d'état sont définies et constantes dans le temps
Transformations thermodynamique

Introduction

1 Premier principe de la thermodynamique

1.1 Énergie interne

Pour un système contenant N particules, l'énergie totale peut se décomposer sous la forme : $E_{tot} = E_{c,macro} + E_{p,macro} + U$

L'énergie interne U d'un système thermodynamique correspond à la valeur moyenne de l'énergie totale des particules microscopiques du système qui comprend l'énergie cinétique des particules microscopiques et l'énergie potentielle d'interaction des particules.

À priori, pour des particules ayant 6 degrés de liberté, U dépend donc de $6N$ paramètres.

1.2 Énoncé du principe

En 1842, Joule exprime le premier principe sous la forme : "L'énergie interne est une fonction d'état"

Cela signifie que U s'exprime en fonction des variables d'états du système et donc de l'état macroscopique du système. Une deuxième conséquence de ce principe est que la variation de l'énergie interne pendant une transformation thermodynamique ne dépend que de l'état final et initial et non de chemin suivi pour la transformation, c'est-à-dire que $\Delta U = U_f - U_i$.

On peut réexprimer le premier principe en utilisant la conservation de l'énergie pour un système au repos macroscopiquement pour une transformation thermodynamique (et c'est sous cette forme qu'il nous servira le plus) :

$\Delta U = W + Q$ où W le travail mécanique reçu par le système et Q le transfert thermique reçu par le système

Convention : Les échanges d'énergie d'un système sont toujours exprimés en valeur algébrique : ils sont positifs lorsque le système choisi reçoit de l'énergie et négatifs lorsqu'il en cède.

Attention, bien que ΔU ne dépende pas du chemin suivi, ce n'est pas le cas pour W et Q .

1.3 Échange d'énergie

Un système thermodynamique peut échanger à priori de l'énergie mécanique et de l'énergie thermique.

Ex: - Système soumis à un thermostat (glaçon sorti du congélateur échange de la chaleur avec l'extérieur) - Circuit d'eau reçoit du travail mécanique venant d'une pompe

Q contient les transferts thermiques, soit les échanges ayant lieu à l'échelle microscopique.

W contient les travaux macroscopiques (mécaniques et autres). Pour une force \vec{F} s'appliquant sur le système entre l'état i et l'état f , le travail de cette force s'exprime : $W = \int_i^f \vec{F} d\vec{x}$

Ex : Pour les forces de pression, $W = - \int_i^f P dV$

2 Application du premier principe

2.1 Calorimétrie

Expérience avec le calorimètre (mesure de la capacité thermique du calorimètre puis mesure de l'enthalpie de changement d'état.

2.2 Détente de Joule

Conclusion

On a pu exprimer la conservation d'énergie d'un système avec le premier principe de la thermodynamique. On s'intéressera ensuite aux conditions d'évolutions d'un système thermodynamique à travers le deuxième principe de la thermodynamique.

Expérience quantitative

Objectif de l'expérience

Mesurer la capacité thermique du calorimètre Mesurer la capacité massique d'un métal (type plomb)

Matériels

- Calorimètre
- Bouilloire
- Balance
- Thermocouple
- Masse de métal (plomb, cuivre...)
- Eau

Protocole

Mesure de la capacité thermique du calorimètre :

- Mesurer la masse d'eau initiale dans le calorimètre et la température quand l'ensemble est thermalisé (10-15 minutes)
- Ajouter une masse d'eau connue à température connue dans le calorimètre

- Attendre l'équilibre (10-15 minutes) et mesurer la température finale du système.

Mesure de la capacité thermique d'un métal :

- Mesurer la masse d'eau chauffée initiale dans le calorimètre et la température après thermalisation.
- Ajouter le métal à température ambiante dans le calorimètre
- Attendre l'équilibre et mesurer la température finale pour remonter à la capacité thermique du métal.

Précautions expérimentales

Bien attendre l'équilibre thermique