

Chapitre 1: Bases de la Thermodynamique

Cours de Thermodynamique

Les premières machines thermiques

Machine de Papin (1690)

- Cylindre avec eau
- Transformation en vapeur
- Vapeur soulève le piston
- Cliquet bloque le piston

Pompe de Savery (1698)

- Processus de pressurisation
- Condensation de vapeur
- Création de vide
- Pression atmosphérique active

Les Premières Machines (suite)

Pompe de Newcomen (1712)

- 1 Remplir cylindre de vapeur
- 2 Piston monte
- 3 Fermer le robinet
- 4 Injecter eau → condensation
- 5 Vide sous piston
- 6 Pression atmosphérique pousse

Problème: Grande perte de chaleur

Machine de Watt (1769)

Solutions apportées: - Condenser vapeur en dehors du cylindre - Maintenir cylindre toujours chaud - Utiliser pression vapeur au-dessus du piston - Réduire perte de chaleur

Résultat: Plus grande efficacité

Naissance de la Thermodynamique

~ **1820** : Début de la théorisation

Contexte historique

- Début de l'ère industrielle
- Nécessité d'améliorer les machines thermiques
- Optimiser la puissance motrice du feu

Rôle unique de la physique appliquée

Un des rares exemples où la physique appliquée a permis une avancée importante de la **physique fondamentale**

Les Deux Premiers Principes (années 1850)

Premier Principe

Bilan d'énergie - Conservation de l'énergie totale d'un système - Principe de la conservation

Deuxième Principe

Irréversibilité et Entropie - Sa création directement liée au sens d'écoulement du temps - Appelée la **flèche du temps** - Définit le sens naturel des processus

Repères Historiques Importants

- **William Thomson (Lord Kelvin) - 1798**
 - Équivalence frottement-Chaleur
- **Sadi Carnot - 1824**
 - Théorie des machines thermiques
- **James P. Joule - 1842**
 - Premier principe
- **Rudolf Clausius - 1850**
 - Deuxième principe
- **Ludwig E. Boltzmann - 1870**
 - Entropie

Approche Macroscopique

La thermodynamique décrit le comportement de **systèmes macroscopiques**

Nombre de particules énorme

- 1 cm^3 de gaz = 10^{21} à 10^{25} particules !

Pas de référence microscopique

- Matière considérée à l'échelle macroscopique
- Pas de structure moléculaire
- On ne parle pas de la température d'un atome

Description par états

- Petit nombre de paramètres d'état
- Température **T** parmi eux
- $1 \text{ mole} = N_A \approx 6 \times 10^{23}$ particules

Unités du Système International

Unités SI

Grandeur	Unité	Symbole
Temps	seconde	[s]
Température	Kelvin	[K]
Pression	Pascal	[Pa] = [N/m ²]
Énergie	Joule	[J]
Puissance	Watt	[W] = [J/s]

Conversions utiles

- $T [K] = t [^{\circ}C] + 273,15$
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 750 \text{ Torr}$
- $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ Joules}$

Autres Unités de Pression

Unités courantes

- **Pascal [Pa]** : Unité SI
- **Bar [bar]** : $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
- **Atmosphère [atm]** : $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
- **Torr (ou mmHg)** : $1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr}$

Note

Le Pascal est une très petite unité - 1 Pa pression d'un confetti sur votre main - En pratique : hPa, kPa, MPa, bar utilisés

La Pression d'un Fluide

Définition

Selon la dynamique des fluides, la **pression** est la force par unité de surface que le fluide exerce sur une surface élémentaire

Caractéristiques

- **Variable d'état intensive** : caractérise l'état mécanique du fluide
- **Grandeur scalaire positive** : définie en tout point du fluide
- **Direction normale** : exercée perpendiculairement à la surface

Unités

- SI : Pascal (Pa)
- Usuelles : bar, atm, mmHg

La Température

Observation Quotidienne

Passer la main juste au-dessus d'une flamme vs 1 mètre au-dessus - L'air n'est pas dans le même état thermodynamique - Les sensations sont différentes

Insuffisance des variables mécaniques

Les variables d'état mécaniques (pression, etc.) sont **insuffisantes**

Nécessité d'une nouvelle variable

Introduire une variable décrivant l'**état thermique** : la **température**

Principe Zéro de la Thermodynamique

Énoncé

Soient 2 systèmes A et B en équilibre thermique avec un troisième C : - Si $T_A = T_C$ et $T_B = T_C$ - Alors $T_A = T_B$

Exemple : Thermostat

Le lac à température T_C agit comme un **modèle de thermostat** - Système qui évolue à température constante

Test avec deux objets

- Cuivre à T_A plongé $\rightarrow T_A = T_C$
- Plomb à T_B plongé $\rightarrow T_B = T_C$
- Conclusion : $T_A = T_B$

Échelle Absolue : Température en Kelvin

Point Triple de l'Eau

- Choisi comme référence (facile à obtenir)
- Valeur référence : 273,16 K
- La seule température où coexistent solide, liquide et gaz

Échelle Celsius

Dérivée de l'échelle absolue par simple translation

Points de Référence

- Fusion glace : $0^{\circ}\text{C} = 273,15 \text{ K}$
- Ébullition eau : $100^{\circ}\text{C} = 373,15 \text{ K}$

Propriété Important

Une variation de $1 \text{ K} = 1^{\circ}\text{C}$

Tableau de Conversions Températures

Événement	Kelvin (K)	Celsius (°C)
Zéro absolu	0	-273,15
Fusion glace	273,15	0
Ébullition eau	373,15	100
Température ambiante	293,15	20
Corps humain	310,15	37

