

THERMODYNAMIQUE

CHAPITRE 1 : SYSTÈME THERMODYNAMIQUE À L'ÉQUILIBRE

Échelles microscopique, mésoscopique, et macroscopique. Libre parcours moyen.	Définir l'échelle mésoscopique et en expliquer la nécessité. Citer quelques ordres de grandeur de libres parcours moyens.
État microscopique et état macroscopique.	Préciser les paramètres nécessaires à la description d'un état microscopique et d'un état macroscopique sur un exemple.
Distribution des vitesses moléculaires d'un gaz (homogénéité et isotropie). Vitesse quadratique moyenne. Pression cinétique.	Utiliser un modèle unidirectionnel avec une distribution discrète de vitesse pour montrer que la pression est proportionnelle à la masse des particules, à la densité particulaire et au carré de la vitesse quadratique moyenne.
Température cinétique. Exemple du gaz parfait monoatomique : $E_c=3/2kT$ .	Calculer l'ordre de grandeur d'une vitesse quadratique moyenne dans un gaz parfait.
Système thermodynamique.	Identifier un système ouvert, un système fermé, un système isolé.
État d'équilibre d'un système soumis aux seules forces de pression. Pression, température, volume, équation d'état. Grandeur extensive, grandeur intensive. Exemples du gaz parfait et d'une phase condensée indilatable et incompressible.	Calculer une pression à partir d'une condition d'équilibre mécanique. Déduire une température d'une condition d'équilibre thermique. Citer quelques ordres de grandeur de volumes molaires ou massiques dans les conditions usuelles de pression et de température. Citer et utiliser l'équation d'état des gaz parfaits.
Énergie interne d'un système. Capacité thermique à volume constant dans le cas du gaz parfait.	Exprimer l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique à partir de l'interprétation microscopique de la température.  Exploiter la propriété $U_m=U_m(T)$ pour un gaz parfait.
Énergie interne et capacité thermique à volume constant d'une phase condensée considérée incompressible et indilatable.	Exploiter la propriété $U_m=U_m(T)$ pour une phase condensée incompressible et indilatable.
Enthalpie d'un système. Capacité thermique à pression constante dans le cas du gaz parfait et d'une phase condensée incompressible et indilatable.	Exprimer le premier principe sous forme de bilan d'enthalpie dans le cas d'une transformation monobare avec équilibre mécanique dans l'état initial et dans l'état final. Exprimer l'enthalpie $H_m(T)$ du gaz parfait à partir de l'énergie interne. Justifier que l'enthalpie $H_m$ d'une phase condensée peu compressible et peu dilatable peut être considérée comme une fonction de l'unique variable T. Citer l'ordre de grandeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide.

I Description d'un système thermodynamique

A Système thermodynamique

- 1) Surface de contrôle, milieu extérieur, univers
- 2) Ouvert, fermé, isolé

B Paramètres d'état

- 1) Définition
- 2) Intensifs et extensifs
- 3) Indépendants

II À l'équilibre thermodynamique

A Équilibre thermodynamique

- 1) Définition
- 2) Conditions de l'équilibre thermodynamique

- (a) Équilibre mécanique
- (b) Équilibre thermique

B Équations d'état

- 1) Définition
- 2) Équation d'état
  - (a) d'un gaz parfait
  - (b) d'une phase condensée idéale

**C Fonctions d'état****1) Définition****2) Énergie interne****(a) Gaz parfait**

1ère loi de Joule

**(b) Phase condensée idéale****3) Enthalpie****(a) Gaz parfait**

2ème loi de Joule

**(b) Phase condensée idéale****4) Entropie****D Capacités thermiques****1) Définitions****(a) Capacité thermique à volume constant****(b) Capacité thermique à pression constante****2) Relation entre les capacités thermiques****(a) Gaz parfait**

Relation de Mayer

Coefficient de Laplace

**(b) Phase condensée idéale****III Modèle du gaz parfait****A Généralités****1) Modélisation****(a) Hypothèses****(b) Monoatomique et diatomique****(c) Mélange de gaz parfaits****2) Application aux gaz réels****B Théorie cinétique****1) Degrés de liberté****2) Phénomène d'agitation thermique****(a) Vitesse quadratique moyenne et énergie cinétique moyenne****(b) Énergie d'agitation thermique et vitesse d'agitation thermique****3) Pression cinétique****C Énergie interne  $U$ , Enthalpie  $H$ , Capacités thermiques à volume constant  $C_v$  et à pression constante  $C_p$  et coefficient de Laplace  $\gamma$  d'un gaz parfait****1) Gaz parfait monoatomique****2) Gaz parfait diatomique****3) Gaz parfait quelconque****IV Modèle de la phase condensée idéale****Énergie interne  $U$ , Enthalpie  $H$ , Capacité thermique  $C$  d'une phase condensée idéale**

## THERMODYNAMIQUE

## CHAPITRE 2 : TRANSFORMATIONS D'UN SYSTÈME THERMODYNAMIQUE

Transformation thermodynamique subie par un système. Évolutions isochore, isotherme, isobare, monobare, monotherme.	Définir un système adapté à une problématique donnée. Exploiter les conditions imposées par le milieu extérieur pour déterminer l'état d'équilibre final.
Travail des forces de pression. Transformations isochore, monobare.	Évaluer un travail par découpage en travaux élémentaires et sommation sur un chemin donné dans le cas d'une seule variable. Interpréter géométriquement le travail des forces de pression dans un diagramme de Clapeyron.
Transferts thermiques. Transformation adiabatique. Thermostat, transformations monotherme et isotherme.	Distinguer qualitativement les trois types de transferts thermiques : conduction, convection et rayonnement. Identifier dans une situation expérimentale le ou les systèmes modélisables par un thermostat.
Loi de Laplace.	Citer et utiliser la loi de Laplace et ses conditions d'application.

## I Transformations thermodynamiques

## A Définition

## B Quasi-statique ou brutale , Réversible ou irréversible

## C Transformations particulières

- 1) Isochore
- 2) Isobare
- 3) Monobare
- 4) Isotherme
- 5) Monotherme
- 6) Isenthalpique
- 7) Adiabatique
- 8) Isentropique

## D Transformations cycliques

## II Énergie échangée par un système pendant une transformation thermodynamique

## A Transfert thermique

## 1) Définition et propriétés

## 2) Les 3 modes de transfert thermique

## (a) Diffusion/Conduction

## (b) Convection

## (c) Rayonnement

## 3) Cas d'une transformation

## (a) Adiabatique

## (b) Isentropique

## (c) Autres

## B Travail des forces de pression

## 1) Définition et propriétés

## (a) Cas d'un piston

## (b) Généralisation

## 2) Interprétation dans les diagrammes PV

## 3) Cas d'une transformation

mécaniquement réversible d'un gaz parfait fermé

### III Variation de l'énergie interne du système et variation de l'enthalpie du système pendant une transformation thermodynamique

#### A Définitions et propriétés

#### B Expressions

#### 1) Gaz parfait

##### (a) Monoatomique

##### (b) Diatomique dans les conditions usuelles de température et de pression

##### (c) Quelconque

#### 2) Phases condensées idéales

## THERMODYNAMIQUE

### CHAPITRE 3 : PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE

Premier principe de la thermodynamique.	Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan énergétique faisant intervenir travail et transfert thermique. Utiliser le premier principe de la thermodynamique entre deux états voisins. Exploiter l'extensivité de l'énergie interne. Distinguer le statut de la variation de l'énergie interne du statut des termes d'échange. Calculer le transfert thermique sur un chemin donné connaissant le travail et la variation de l'énergie interne.
-----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## I Premier Principe de la Thermodynamique

### A Énergie totale à l'équilibre d'un système thermodynamique fermé

#### 1) Définitions

#### 2) Du point de vue mécanique au point de vue thermodynamique

### B Premier principe de la thermodynamique

#### 1) Fermé

##### (a) Pour un système thermodynamique fermé

##### (b) Pour un système purement thermodynamique fermé

#### 2) Ouvert en écoulement stationnaire

##### (a) Pour un système thermodynamique ouvert en écoulement stationnaire

##### (b) Pour un système purement thermodynamique ouvert en écoulement stationnaire

## **II Cas particuliers d'application du premier Principe de la Thermodynamique pour un système purement thermodynamique**

Pour un système purement thermodynamique

### **A Transformations particulières du gaz parfait**

- 1) Isochore
- 2) Isobare
- 3) Monobare
- 4) Isotherme
- 5) Monotherme
- 6) Adiabatique
- 7) Isentropique

### **B Application à la calorimétrie pour les phases condensées idéales**

- 1) Calorimètre
- 2) Bilan enthalpique en calorimétrie
  - (a) Méthode des mélanges
  - (b) Méthode électrique