

## I Cours et exercices

### Thermodynamique chapitre 2 – Premier principe

- I **Vocabulaire** : système, transformations et exemples.
- II **Énergie interne** : définition, énergie interne gaz parfait, capacité thermique à volume constant, capacité thermique d'une phase condensée.
- III **Travail des forces de pression** : expression générale, cas particulier isochore et monobare, transformation quasi-statique (définition, exemples de diagrammes, corrélation avec l'aire sous la courbe ; application cycle de LENOIR), travail électrique.
- IV **Transferts thermiques** : définition, différents types de transferts thermiques, cas particuliers (adiabatique, thermostat), loi de LAPLACE.
- V **Premier principe de la thermodynamique** : énoncé, application  $Q$  cycle de LENOIR.
- VI **Transformation monobare et enthalpie** : démonstration  $H = U + PV$ , introduction  $C_P$  : gaz parfait ( $\gamma$ , MAYER,  $C_V$  et  $C_P$  fonction de  $\gamma$ , lois de JOULE) et phases condensées ; application calorimètre ; retour sur principe du thermostat.

### Thermo. chapitre 3 – Second principe, machines thermiques

- I **L'entropie** : irréversibilité, second principe et cas particuliers, comment faire une transformation réversible, expressions de l'entropie : phases condensées, gaz parfait, démonstration lois des LAPLACE.
- II **Machines thermiques** : introduction, principe général, machine monotherme, machines dithermes : diagramme de RAVEAU, moteur ditherme et rendement de CARNOT, cycle de CARNOT complet, réfrigérateur et pompe à chaleur ; exemple moteur à explosion cycle de Beau de ROCHAS : fonctionnement réel et modélisation.
- III **Notations infinitésimales et interprétation microscopique** : premier principe sous forme  $dU = \delta W + \delta Q$ , application équation différentielle temps de chauffe ; second principe sous la forme  $dS = \delta S_{\text{ech}} + \delta S_{\text{cr}}$  et première identité thermodynamique  $dU = T dS - p dV$ , application détermination sens transfert thermique entre deux solides ; interprétation microscopique de l'entropie : formule de BOLTZMANN, exemple détente de JOULE-GAY-LUSSAC et correspondance calcul de l'entropie avec les deux méthodes.

## II Cours uniquement

### Thermodynamique chapitre 4 – Changements d'états

- I **Introduction** : vocabulaire, observation changement température fixée pour pression fixée, hypothèses de travail.
- II **Diagramme  $(P, T)$**  : cas fréquent, cas rare, vocabulaire courbes d'équilibre diphasé, point triple, point critique, pression de vapeur saturante.
- III **Diagramme de CLAPEYRON** : expérience compression d'un gaz et changement d'état liquide, forme d'une courbe en  $(P, V)$ , et bilan isothermes d'ANDREWS : courbes de rosée et d'ébullition.

### III Questions de cours possibles

#### Chapitre 2

- 1 Établir l'expression générale du travail des forces de pression. Préciser la nature du système (moteur, récepteur) selon le signe de  $W$ . Présenter le lien avec l'aire sous la courbe d'un diagramme de CLAPEYRON, et mettre en évidence la dépendance de  $W$  au chemin suivi. Démontrer la valeur ou l'expression de  $W$  pour une transformation isochore, pour une transformation monobare, et pour une transformation quasi-statique isotherme d'un gaz parfait.
- 2 Énoncer le premier principe de la thermodynamique, en détaillant les termes. Préciser lesquels sont des fonctions d'état, lesquels ne le sont pas. Étudier les cas particuliers des transformations adiabatique, isochore et cyclique. **Expliquer la différence entre adiabatique et isotherme.** Démontrer ensuite l'expression de l'enthalpie dans les conditions requises et réécrire le premier principe dans ces conditions.
- 3 Définir les capacités thermiques à volume et pression constantes dans le cas général. Pour un gaz parfait, définir le coefficient adiabatique  $\gamma$  et établir les expressions de  $C_V$  et de  $C_P$  en passant par la relation de MAYER. Introduire la capacité thermique d'une phase condensée et justifier, avec une application numérique, qu'on n'utilise qu'une capacité thermique pour les phases condensées.
- 4 Calorimétrie : dans un calorimètre parfaitement isolé de capacité thermique  $C = 100 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ , on place  $m_1 = 150 \text{ g}$  d'eau à  $T_1 = 298 \text{ K}$ . On ajoute  $m_2 = 100 \text{ g}$  de cuivre à  $T_2 = 353 \text{ K}$ . Sachant que  $c_{\text{Cu}} = 385 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  et  $c_{\text{eau}} = 4185 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , déterminer  $T_f$ . Définir alors ce qu'est un thermostat et comment justifier leur existence. Calculer la variation d'entropie des différents éléments (on donne  $\Delta S = C \ln \frac{T_f}{T_i}$  pour une phase condensée), et justifier que la transformation soit irréversible.

#### Chapitre 3

- 5 Présenter ce qu'on appelle une transformation irréversible. Énoncer donc le second principe de la thermodynamique et son lien avec l'irréversibilité. Que peut-on dire dans le cas particulier d'un cycle ? pour un système isolé ? Comment obtenir une transformation réversible : exemple et vocabulaire associé (deux conditions).
- 6 Énoncer les 3 lois de LAPLACE en précisant leurs conditions d'application. Comment qualifier ces transformations en terme d'entropie ? À partir d'une expression de l'entropie pour un GP (rappelée par l'interrogatoire), démontrer l'une d'entre elle. Retrouver les deux autres à partir de celle-ci. Application : on prend 20 L de gaz à  $T = 293 \text{ K}$  et à 1 bar. Sous les conditions d'application précédentes, on le comprime jusqu'à un volume de 10 L. Calculer la pression et la température, connaissant  $\gamma = 1,4$ .
- 7 Présenter le principe général d'une machine **ditherme**. Démontrer les deux relations utiles pour les machines à partir du premier et du second principe (inégalité de CLAUSIUS). Pourquoi ne peut-on pas réaliser de moteur monotherme ? Construire le diagramme de RAVEAU pour les machines dithermes, en précisant les domaines des moteurs et des réfrigérateurs.
- 8 Présenter le moteur ditherme, le réfrigérateur ou la pompe à chaleur (au choix de l'interrogatoire), en différenciant les sens conventionnel et réel des échanges. Définir son efficacité thermodynamique, et établir l'efficacité de CARNOT.
- 9 Cycle de CARNOT : définir les transformations, traduire le vocabulaire associé, le dessiner dans un diagramme ( $P, V$ ), trouver le travail total (on admet l'expression du travail pour une isotherme quasi-statique :  $W_{\text{isoT}} = nRT_{\text{iso}} \ln(V_i/V_f)$ ), la chaleur échangée et l'expression finale du rendement.

#### Chapitre 4

- 10 Présenter le diagramme ( $P, T$ ) des transitions de phase. Présenter l'expérience du cours permettant de tracer une transition gaz/liquide dans un diagramme ( $P, V$ ), et la tracer dans ce diagramme en faisant correspondre les différentes étapes sur la courbe. Présenter alors les isothermes d'ANDREWS.