

I Exercices uniquement**TM7** Diagrammes $E - pH$ **II Cours et exercices****T1** Introduction à la thermodynamique

I **Système thermodynamique** : échelles, grandeurs d'état : P, T, u, C_V .

II **Équilibre thermodynamique** : définition, conditions d'équilibre thermique et mécanique.

T2 Description d'un système à l'équilibre

I **Description des phases usuelles** : description d'un gaz (équation d'état gaz parfait, limites, u^{GP} et vitesse quadratique moyenne), description d'une phase condensée (idem).

II **Équilibres diphasés** : diagramme (P, T) (P_{sat}), diagrammes (P, v) (construction, théorème des moments, stockage des fluides).

Exercices semaine de rentrée

À partir de mardi, les exercices pourront porter sur les transformations et calcul de travaux (chapitre T3). Ils pourront faire intervenir le premier principe, mais de manière simple (pas d'enthalpie, pas de calorimétrie), du style du cycle de LENOIR. Les exercices d'équilibre diphasés ainsi que les diagrammes $E - pH$ sont présents toute la semaine.

T3 Échanges d'énergie des transformations thermodynamiques

I **Moyens d'échange d'énergie** : limite du TEM, travail des forces de pression, transfert thermique (définition, types de transferts, thermostat)

II **Types de transformations** : condition sur l'évolution (quasi-statique), sur le milieu extérieur (monobare, monotherme), sur les grandeurs du système (isochore, isobare, isotherme); calcul du travail dans chaque cas et application importance du choix d'un système.

III **Cas particuliers** : transformation cyclique (sens de parcours et signe du travail, application cycle de LENOIR), transformation adiabatique (définition, distinction avec isotherme, loi de LAPLACE et travail), résumé.

III Cours uniquement**T4** Premier principe de la thermodynamique

I **Énoncé du premier principe** : énoncé général et élémentaire, première loi de JOULE, cas particuliers.

IV Questions de cours possibles

T2 Description d'un système à l'équilibre

- 1 Donner la définition de la température cinétique en fonction du degré de liberté D (Df.T2.4). Déterminer alors l'énergie interne d'un gaz parfait mono- puis diatomique en fonction de R qu'on reliera à deux autres constantes (Pt.T2.1, Ap.T2.2 et Dm.T2.1). En déduire les capacités thermiques C_V^{mono} et C_V^{dia} (Df.T1.12 et Ipt.T2.2).
- ☆☆ 2 Présenter les diagrammes (P,T) des équilibres diphasés (Df.T2.6). Pour celui de l'eau, tracer et expliquer une transformation isobare à $P = 1 \text{ bar}$ de $T_0 = 0^\circ\text{C}$ à $T = 100^\circ\text{C}$, et une transformation isotherme à $T = 100^\circ\text{C}$ d'une pression faible à une pression élevée (Fig.T2.9). Comment tester la phase d'un système possiblement liquide ou gazeux en raisonnant sur sa pression (Df.T2.7) ?
- ☆☆ 3 Construire une isotherme d'ANDREWS du diagramme (P,v) en présentant succinctement l'expérience de cours (Fig.T2.9), et présenter le diagramme (P,v) complet d'un équilibre liquide-gaz (Df.T6.4).
- 4 Énoncer et démontrer le théorème des moments (Pt et Dm.T2.4). Présenter l'application et les précautions à prendre dans le cas du stockage de fluides (Pt et Dm.T2.5).
- 5 (Ap.T2.3) On place $m = 10 \text{ g}$ d'eau liquide dans une enceinte de $V = 10 \text{ L}$ initialement vide. Elle est maintenue à la $T = 373 \text{ K}$. On donne $v_g(373 \text{ K}) = 1,673 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ et $v_\ell(373 \text{ K}) = 1,04 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$.
 - 1) Calculer le volume massique moyen v du système. En déduire les phases présentes dans l'état final, ainsi que les titres en vapeur et en liquide.
 - 2) Idem pour une masse $m' = 1,0 \text{ g}$ d'eau.

T3 Échanges d'énergie des transformations thermodynamiques

- ☆☆ 6 Présenter les transformations de la thermodynamique : quasi-statique (spécifier mécaniquement réversible et thermiquement réversible), monobare, monotherme, isochore (exemple), isobare (exemple), isotherme, adiabatique (Df.T3.5 à 10 et 12). Expliquer la différence entre adiabatique et isotherme (Ipt.T3.2, Intp.T3.3 et Ex.T3.9). Tracer sur un même schéma les transformations isochore, isobare, isotherme et adiabatique (Fig.T3.5) en justifiant la raideur de cette dernière (Ipt.T3.3).
- 7 Établir l'expression générale du travail des forces de pression et préciser la nature du système (moteur, récepteur) selon le signe de \mathcal{W}_p . (Pt et Dm.T3.1). Présenter son lien avec l'aire sous la courbe d'un diagramme de WATT (P,V) pour une transformation quasi-statique (Ipl.T3.1), et démontrer comment le sens de parcours sur un cycle se relie au signe du travail (Pt et Dm.T3.4).
- 8 Démontrer la valeur ou l'expression de \mathcal{W}_p pour une transformation quasi-statique, monobare, isochore puis isobare d'abord (Ipl.T3.1 à 3 et Dm.T3.2), isotherme ensuite (en fonction des volumes d'abord puis des pressions, Dm.T3.3 et vérifier son signe selon le l'évolution du volume), et si le temps le permet adiabatique mécaniquement réversible d'un gaz parfait (Dm.T3.6, ☆☆).
- 9 (Ap.T3.2) Cycle de LENOIR : pour une mole de gaz parfait à $P_A = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$ et $V_A = 14 \text{ L}$, on effectue les transformations suivantes de manière quasi-statique :
 - a – Chauffage isochore jusqu'à $P_B = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$;
 - b – Détente isotherme jusqu'à $V_C = 28 \text{ L}$;
 - c – Refroidissement isobare jusqu'au retour à l'état initial.

Représenter ce cycle sur un diagramme de WATT et en déduire le signe du travail total. Calculer P , V et T à chaque étape puis calculer les travaux associés aux transformations AB, BC et CA et sur le cycle. Conclure sur la nature du système. (Ap.T4.1, ☆☆) Déterminer ensuite les variations d'énergie interne puis les transferts thermiques de chaque transformation. Commenter leur variation sur le cycle.

T4 Premier principe de la thermodynamique

- 10 Énoncer le premier principe de la thermodynamique pour un système en repos macroscopique, en version intégrale et élémentaire (Pt.T4.1). Préciser quels termes sont des fonctions d'état, lesquels ne le sont pas. Étudier les cas particuliers des transformations isochore, isotherme, isobare et adiabatique mécaniquement réversible (Ipt.T4.1).