

## **I | Cours et exercices**

### **T3 Premier principe de la thermodynamique**

- I **Énoncé du premier principe** : énoncé général, première loi de JOULE, cas particuliers, premier principe entre deux états voisins.
- II **Transformation monobare et enthalpie** : enthalpie et premier principe, seconde loi de JOULE, capacités thermiques et relations associées, calorimétrie.

### **T4 Second principe de la thermodynamique**

- I **L'entropie** : statistique et entropie de BOLTZMANN, irréversibilité et causes.
- II **Second principe** : énoncé, cas particuliers (cyclique, adiabatique, monotherme, polytherme, isentropique)
- III **Expressions de l'entropie** : (HP) identités thermodynamique et expressions de  $dS$ , phases condensées et application au mélange, gaz parfait, loi de LAPLACE.
- IV **Applications** : méthode de bilans d'entropie, application isochore monotherme et isobare monotherme.

## **II | Cours uniquement**

### **T5 Machines thermiques**

- I **Introduction** : définition et performance, fonctionnement général et inégalité de CLAUSIUS, machines monothermes.
- II **Machines dithermes** : diagramme de RAVEAU, moteur ditherme, machines frigorifiques et pompes à chaleur, théorèmes de CARNOT.

### III Questions de cours possibles

#### T3 Premier principe de la thermodynamique

- ☆☆ [1] Énoncer le premier principe de la thermodynamique, en version intégrale et différentielle, 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.**
- ☆☆ [2] Définir l'enthalpie d'un corps et ses propriétés. Démontrer ensuite l'expression du premier principe enthalpique en indiquant ses conditions d'application.
- ☆☆ [3] Présenter les deux lois de JOULE. Rappeler les expressions de  $U$  et  $C_V$  pour un gaz parfait mono- et diatomique. Démontrer la seconde loi de JOULE pour les phases condensées avec un calcul et pour les gaz parfait en donnant l'expression de l'enthalpie molaire en fonction du nombre de degré de liberté du gaz.
- ☆☆ [4] Définir les capacités thermiques à volume et pression constantes dans le cas général. Les relier aux variations  $\Delta U$  et  $\Delta H$  pour un gaz parfait, et présentez la différence entre ces variations sur un diagramme de WATT présentant deux isothermes. Définir le coefficient adiabatique  $\gamma$ , démontrer la relation de MAYER et établir les expressions de  $C_V$  et de  $C_P$ .
- ☆☆ [5] Calorimétrie : dans un calorimètre parfaitement isolé de masse en eau  $m_0 = 24$  g, on place  $m_1 = 150$  g d'eau à  $T_1 = 298$  K. On ajoute  $m_2 = 100$  g de cuivre à  $T_2 = 353$  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  $T_f$ .

#### T4 Second principe de la thermodynamique

- ☆☆ [6] Définir macro-état, micro-état et nombre de configuration. À partir de l'exemple des particules dans l'expérience de JOULE GAY-LUSSAC, présenter l'origine statistique de l'irréversibilité en traçant l'évolution de la probabilité des macro-états. Donner la formule de BOLTZMANN et l'interpréter.
- ☆☆ [7] Présenter ce qu'on appelle une transformation réversible et irréversible et donner des exemples. Énoncer le second principe de la thermodynamique. Appliquer le second principe dans les cas particuliers des transformations cyclique, adiabatique, mono- et polytherme. Qu'est-ce qu'une transformation isentropique ?
- ☆☆ [8] On définit  $T = \left. \frac{\partial U}{\partial S} \right|_V$  et  $P = -\left. \frac{\partial U}{\partial V} \right|_S$ . Démontrer alors la première identité de la thermodynamique, puis l'expression de la variation d'entropie à partir de la première identité. Démontrer l'expression de  $\Delta S^{\text{cond}}$  et une expression de  $\Delta S^{\text{G.P.}}$ .
- ☆☆ [9] 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.
- ☆☆ [10] Soit un gaz parfait passant de l'état initial  $I$  à l'état final  $F$  en contact avec un thermostat à  $T_{\text{ext}} = T_f$ . Pour une transformation isochore, déterminer l'entropie créée et tracer l'expression obtenue avec  $x = \frac{T_i}{T_f}$ , et conclure sur la nature de la transformation.

#### T5 Machines thermiques

- ☆☆ [11] Présenter le principe général des machines thermiques grâce à un schéma de fonctionnement, et 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.

- ★ 12 Présenter le moteur ditherme, le réfrigérateur ou la pompe à chaleur (au choix de l'interrogataire), en différenciant les sens conventionnel et réel des échanges. Définir son coefficient de performance thermodynamique, et établir l'expression du théorème de CARNOT associé puis un ordre de grandeur des valeurs idéales et réelles.