Programme de colle

Semaine 3 (du 22/09 au 26/09)

Les colles se déroulent en trois parties : une (au moins, il peut y en avoir plusieures) question de cours tirée de la liste ci–dessous, puis un exercice imposé parmi ceux listés et enfin, si le temps le permet, un exercice au choix du colleur.

Partie 1 – Questions de cours

Thermodynamique statistique

- Établir la variation de la pression avec l'altitude dans l'hypothèse d'une atmosphère isotherme
- Définir la fonction de partition pour un système à spectre discret d'énergie, exemples
- Définir la probabilité d'occupation d'un état (spectre discret), cas des systèmes isolés ou non. Loi de Boltzmann.
- Définir la population d'un état d'énergie donné. Comparer les populations de deux états, limites hautes et basses températures
- Définir l'énergie moyenne et l'écart-quadratique énergétique d'un système, lien avec la fonction de partition
- Capacités thermiques des gaz et des solides, loi de Dulong et Petit (démonstrations non demandées)
- Énoncer le théorème d'équipartition de l'énergie. Application à la détermination de la capacité thermique à volume constant d'un gaz parfait diatomique.

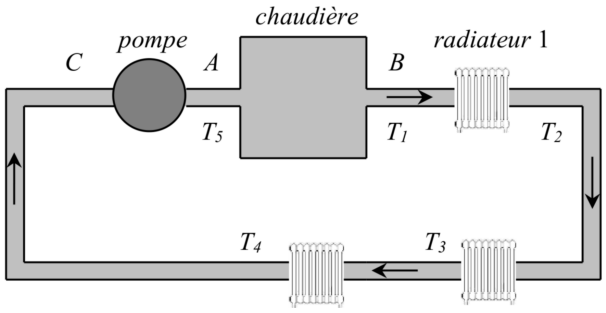
Systèmes ouverts en régime stationnaire

- Formulation des principes de la thermodynamique pour un système fermé subissant une transformation élémentaire
- Formulation et démonstration des principes de la thermodynamique pour un système ouvert en régime stationnaire (écoulement unidimensionnel)
- Diagramme thermodynamique $(\ln(P), h)$: tracé des frontières, identification des réseaux de courbes, lien avec les principes

Partie 2 – Exercices imposés

Exercice 1 Réseau de chauffage domestique

On étudie un réseau de chauffage domestique constitué d'une chaudière qui alimente trois radiateurs et d'une pompe qui impose une circulation d'eau stationnaire avec le débit massique $D_m = 3{,}2\times10^{-2}\,\mathrm{kg\cdot s^{-1}}$. En sortie de la chaudière, l'eau est à la température $T_1 = 80\,^\circ\mathrm{C}$. Les trois radiateurs sont identiques et libèrent la même puissance thermique P_{th} dans la pièce. La température de l'eau après le premier radiateur vaut $T_2 = 65\,^\circ\mathrm{C}$. La capacité thermique massique de l'eau vaut $c = 4{,}18\,\mathrm{kJ\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}}$.



1. Déterminer la puissance thermique P_{th} libérée par un radiateur.
2. Calculer les températures T_3 et T_4 de l'eau après les radiateurs 2 et 3.
3. L'eau revient à la chaudière avec la température $T_5 = 25\,^\circ\mathrm{C}$. En déduire la puissance thermique de chauffe de la chaudière ainsi que la puissance thermique libérée par les pertes.

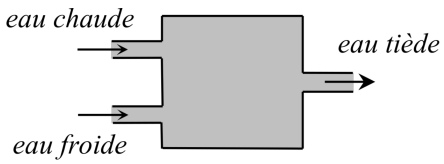
Exercice 2 Détente adiabatique et diagramme enthalpique

Un fluide monophasique en écoulement stationnaire passe dans une turbine et y subit une détente adiabatique de la pression P_1 à la pression $P_2 < P_1$.

1. Quel est le signe de la variation d'enthalpie massique lors de cette transformation ?
2. Quel est le signe de la variation d'entropie massique lors de cette transformation ?
3. Sur un diagramme (P, h), placer le point 1 correspondant au fluide entrant dans la turbine. Tracer qualitativement les isobares $P = P_1$ et $P = P_2$ ainsi que l'isentrope $s = s_1$. Où peut être le point 2 ?
4. Sur le schéma, comment aparaît le travail cédé à la turbine par unité de masse de fluide ? Pour quelle position du point 2 ce travail massique est-il maximal ? Quelle est la condition pour qu'il en soit ainsi ?

Exercice 3 Étude d'un mélangeur

Un mélangeur permet d'obtenir de l'eau tiède à partir d'eau chaude et d'eau froide. L'eau chaude, de température $T_c = 60\,°\text{C}$, arrive avec le débit massique $D_{mc} = 7{,}0 \times 10^{-1}\,\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$, et l'eau froide, de température $T_f = 13\,°\text{C}$, arrive avec le débit massique $D_{mf} = 3{,}0 \times 10^{-1}\,\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$. L'écoulement est stationnaire, les parois du mélangeur sont calorifugées et on négligera les variations d'énergie cinétique et potentielle.



1. Déterminer le débit massique D_m à la sortie du mélangeur.
2. À l'aide d'un bilan d'enthalpie, calculer la température T de l'eau en sortie.
3. Une fois le robinet ouvert, il faut en fait attendre environ 5 secondes avant que la température de l'eau en sortie atteigne la valeur obtenue précédemment. Sachant que les tuyaux ont un diamètre intérieur de 12 mm, estimer la longueur du tuyau séparant le ballon d'eau chaude du mélangeur.

Partie 3 – Exercices supplémentaires

Thermodynamique statistique

- Les exercies imposés de la semaine dernière
- Exercices de thermodynamique statistique portant sur des systèmes à niveaux d'énergie discrets
- Détermination de capacités thermiques de gaz ou de solides par utilisation du théorème d'équipartition

Systèmes ouverts en régime stationnaire

- Révision de thermodynamique de sup (transformations, cycles, rendement de machines thermiques)
- Étude d'un diagramme (P, h) fourni
- Utilisation des deux principes en système ouvert pour étudier des machines thermiques réelles à l'aide du diagramme (P, h)