Thermodynamique et RSF

Consignes Ex. 1

C1. Les consignes de présentation sont respectées. Soyez exigeants avec la copie qui vous est rendue.
C2. Les relations obtenues sont homogènes.
C3. Les théorèmes, principes et lois utilisés doivent être cités.
C4. Le système est défini pertinemment choisi et défini sans ambiguïté.
C5. Les questions de cours sont impeccablement traitées.

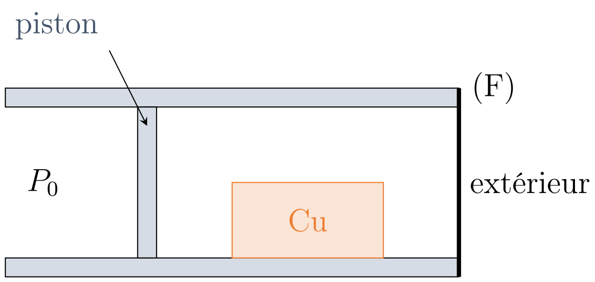
Exercice 1 – Calorimétrie adiabatique

RCO **1.** Rappeler l'expression du premier principe de la thermodynamique entre deux états d'équilibre quelconques d'un système fermé globalement immobile. Expliquer simplement la différence entre travail et transfert thermique.

On s'intéresse à des systèmes caractérisés par les variables d'état suivantes : pression P, volume V et température T. Le seul travail agissant sur ces systèmes est celui des forces de pression.

RCO **2.** À partir de l'expression précédente, démontrer la relation entre la variation d'enthalpie du système et le transfert thermique dans le cas particulier d'une transformation quasi-statique isobare.

Le système étudié est constitué de n moles d'air assimilé à un gaz parfait et d'une masse m de cuivre solide. Il est placé dans un cylindre schématisé ci-dessous. On précise que le piston est mobile sans frottement, que les autres parois sont fixes et que les éléments grisés sont athermanes (imperméables aux transferts thermiques) tandis que la paroi (F) permet ce type d'échange.



On donne le coefficient isentropique du gaz $\gamma = C_\mathrm{p}/C_\mathrm{v} = 7/5$, la constante des gaz parfaits $R = 8{,}314\ \mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$, $n = 1{,}00\ \mathrm{mol}$, $m = 269\ \mathrm{g}$ et la capacité thermique massique du cuivre $c = 385\ \mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}}$. La pression atmosphérique P_0 est constante.

RCO **3.** Établir dans le cas du gaz parfait les expressions des capacités molaires $C_\mathrm{v,m}$ et $C_\mathrm{p,m}$ en fonction de γ et R.

4. La température extérieure étant restée très longtemps égale à T_0, le fond (F) du cylindre est mis en contact avec un thermostat à la température T_1. On laisse le système atteindre l'équilibre. Le volume V occupé par le gaz subit une diminution relative de $5\,\%$ à partir de la valeur initiale V_0. En déduire la température finale T_1 en degrés Celsius si $T_0 = 27\,°\mathrm{C}$.

5. Exprimer la variation d'enthalpie du système lors de la transformation décrite ci-dessus en fonction des températures et des autres données sous la forme $\Delta H = C'\Delta T$. Quelle(s) propriété(s) essentielle(s) de l'enthalpie utilise-t-on ?

6. En déduire l'expression du transfert thermique Q algébriquement reçu par le système à travers (F). Donner sa valeur numérique et interpréter son signe.

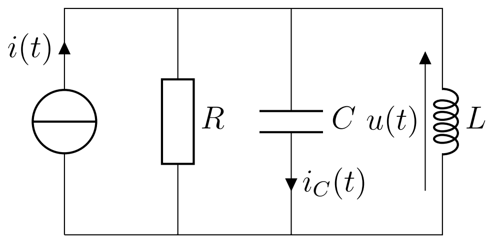
7. Exprimer et calculer la variation d'énergie interne ΔU du système. Interpréter la différence entre ΔU et ΔH dans le cadre du premier principe.

Consignes Ex. 2

C1. Les consignes de présentation sont respectées. Soyez exigeants avec la copie qui vous est rendue.
C2. Les relations obtenues sont homogènes.
C3. Les théorèmes, principes et lois utilisés doivent être cités.
C4. Les notations sont respectées : grandeurs complexes soulignées, etc.

Exercice 2 – Résonance du circuit RLC parallèle

On considère le circuit RLC parallèle alimenté par une source idéale de courant représenté ci-contre. Le générateur fournit un courant d'intensité $i(t) = I_0 \cos(\omega t)$. On note $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$ la tension aux bornes de la bobine et $i_C(t)$ l'intensité du courant qui traverse le condensateur. On prendra $\varphi \in]-\pi, \pi]$.



Étude qualitative

RCO 1. Donner l'expression des impédances complexes de la résistance, de la bobine et du condensateur.

RCO 2. Rappeler les comportements équivalents à basse fréquence et à haute fréquence de la bobine et du condensateur.

3. À l'aide de circuits équivalents, exprimer les amplitudes U_m et I_m de la tension $u(t)$ aux bornes de la bobine et de l'intensité $i_C(t)$ du courant qui traverse le condensateur à basse fréquence et à haute fréquence.

Résonance en tension du circuit

4. Établir l'expression de l'impédance équivalente $\underline{Z}_{\text{éq}}$ à l'association parallèle des trois dipôles R, L et C.
5. En déduire l'expression de l'amplitude complexe $\underline{u}(t)$ de la tension $u(t)$ en fonction de $\underline{i}(t)$, L, C, R et ω.
6. Montrer alors que l'on peut mettre $\underline{u}(t)$ sous la forme

$$\underline{u}(t) = \frac{A\underline{i}(t)}{1 + jQ\left(x - \frac{1}{x}\right)}, \quad \text{avec} \quad x = \frac{\omega}{\omega_0}.$$

Préciser les expressions des constantes A, Q et ω_0 en fonction de R, L et C.
7. En déduire l'expression de l'amplitude réelle U_m en fonction notamment de Q et x.
8. Représenter graphiquement l'allure de U_m en fonction de x.
9. Déterminer l'expression de la pulsation ω_r, valeur de ω pour laquelle on observe une résonance en tension.

RCO **10.** Définir une pulsation de coupure et la bande passante de la résonance.

11. Établir l'expression des deux pulsations de coupure ω_{c1} et $\omega_{c2} > \omega_{c1}$ en fonction de ω_0 et Q.

12. En déduire l'expression de la largeur de la bande passante $\Delta\omega$ en fonction des mêmes paramètres.

13. Étudier l'argument du nombre complexe $1 + jQ\left(x - \frac{1}{x}\right)$ en fonction de x.

14. En déduire le graphe de φ en fonction de x.