

Devoir de Rédaction n°8

Révisions TSI1

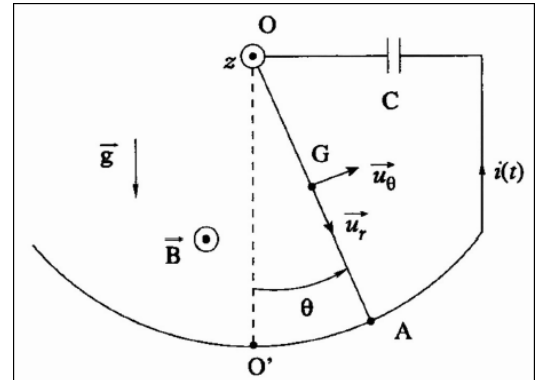
A rendre pour mardi 1^{er} septembre 2026

Exercice n°1 : Pendule soumis à une force de Laplace

Une tige métallique homogène OA , de masse m et de longueur ℓ , peut tourner autour d'un axe horizontal (Oz). La liaison au niveau de son extrémité fixe O est considérée comme parfaite.

L'extrémité mobile A glisse sans frottement sur un profil circulaire, de sorte qu'à chaque instant l'ensemble tige-profil circulaire assure la fermeture d'un circuit électrique constitué d'un condensateur de capacité C , de la tige OA et de fils électriques.

L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme et constant : $\vec{B} = B \vec{u}_z$ dirigé suivant l'axe de rotation (Oz).



1. Justifier qualitativement l'apparition du courant $i(t)$. Expliquer le fonctionnement du système.
2. Déterminer, dans la base locale $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$ l'expression de la force de Laplace $\vec{F}_L$ s'exerçant sur la tige mobile. Quel est son point d'application ?
3. Déterminer la puissance P_L de la force de Laplace en fonction de $B, \ell, \dot{\theta}$ et $i(t)$.
4. En utilisant la relation de couplage électromécanique, déterminer l'expression de la force électromotrice d'induction e qui apparaît dans le circuit.
5. On néglige la résistance du circuit ainsi que tout phénomène d'auto-induction. Représenter le schéma électrique équivalent et montrer que l'intensité $i(t)$ du courant dans le circuit s'écrit $i(t) = \frac{CB\ell^2}{2} \ddot{\theta}$
6. Le moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe (Oz) est $J_{Oz} = \frac{1}{3}m\ell^2$. En utilisant le TMC, déterminer l'équation du mouvement de la tige.
7. En déduire que la pulsation des petites oscillations de la tige s'écrit :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{mg}{\frac{2}{3}m\ell + \frac{1}{2}CB^2\ell^3}}$$

Exercice n°2 : Étude d'une pompe à chaleur. D'après CCP

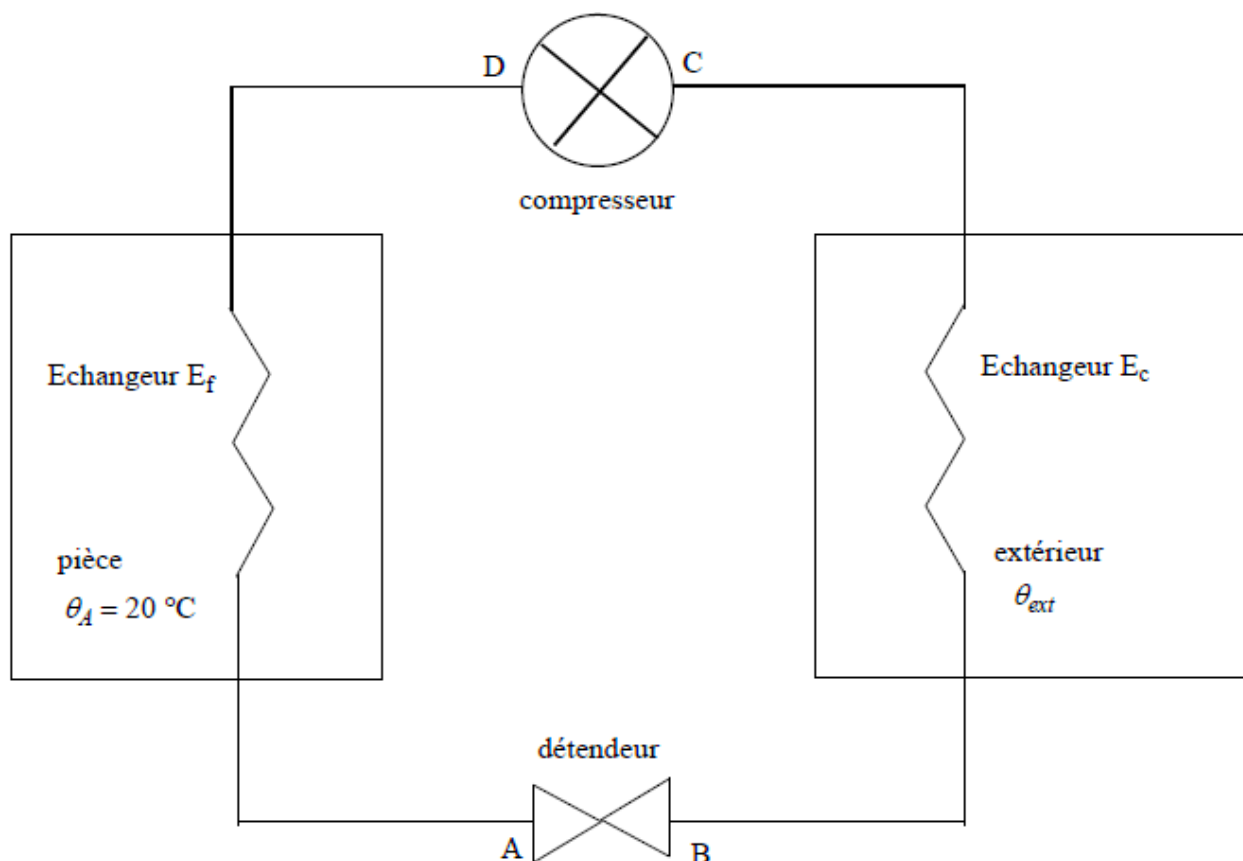
Dans une pièce fermée, on souhaite maintenir une température $\theta_{amb} = 20^\circ\text{C}$ tandis que l'air extérieur est à la température $\theta_{ext} = 0^\circ\text{C}$.

Pour cela, on considère une pompe à chaleur fonctionnant ainsi :

Le fluide considéré est de l'hélium gazeux assimilé à un gaz parfait de masse molaire $M = 4,0 \text{ g.mol}^{-1}$ et de coefficient isentropique constant $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,67$

Le fluide décrit des cycles au cours desquels il subit :

- une détente adiabatique réversible dans le détendeur qui l'amène de l'état **A** ($\theta_A = \theta_{amb} = 20\text{ °C}$; $P_A = 3,0\text{ bar}$) à l'état **B** (T_B ; $P_B = 2,0\text{ bar}$)
- un réchauffement isobare dans l'échangeur **E_c** qui amène le fluide dans un état **C** ($\theta_A = \theta_{ext} = 0\text{ °C}$; P_C)
- une compression adiabatique réversible dans le compresseur qui amène le fluide dans un état **D** (T_D ; P_D)
- un refroidissement isobare dans l'échangeur **E_f** qui ramène le fluide dans l'état **A**.



1. Exprimer littéralement les températures T_B et T_D en fonction de T_{amb} , T_{ext} , P_A et P_B .
2. Faire les applications numériques.
3. Donner l'allure du cycle en coordonnées (P, V) en précisant le sens de parcours du cycle.
4. Est-ce un cycle moteur ou récepteur ? Que cela signifie-t-il ?
5. Calculer le transfert thermique Q_{BC} reçu par une masse $m = 1,0\text{ kg}$ du fluide lors de la traversée de l'échangeur **E_c**. Commenter le signe.
6. Calculer le transfert thermique Q_{DA} reçu par une masse $m = 1,0\text{ kg}$ du fluide lors de la traversée de l'échangeur **E_f**. Commenter le signe.
7. Calculer le travail W reçu par une masse $m = 1,0\text{ kg}$ du fluide lors d'un cycle.
8. Définir l'efficacité e de la pompe à chaleur. La calculer.
9. Quelle est l'efficacité maximale e_{max} que l'on peut obtenir pour une pompe à chaleur fonctionnant avec ces deux mêmes sources de chaleur ?
Pourquoi n'est-elle pas atteinte avec la pompe à chaleur étudiée ?
10. Quel est l'intérêt d'une pompe à chaleur par rapport à un chauffage électrique ?
11. L'intérêt de ce type de dispositif est qu'il peut fonctionner comme climatiseur en été. Expliquer succinctement comment (en 15 lignes maximum).

Exercice n°3 : Pile à combustible (d'après CCP TSI)

Le dihydrogène peut être utilisé en tant que combustible dans une pile à hydrogène selon une réaction d'oxydo-réduction. Les deux réactifs sont le dihydrogène et le dioxygène présent dans l'air. Les couples d'oxydoréduction mis en jeu sont ceux de l'eau :

Données à 25°C et à pH=0 : $E_1^{\circ}(O_{2(g)}/H_2O_{(solv)}) = 1,23 \text{ V}$ et $E_2^{\circ}(H_{(aq)}^+/H_{2(g)}) = 0,00 \text{ V}$.

Pour mettre en œuvre cette réaction, on dispose de deux électrodes, l'anode et la cathode, séparées par un électrolyte. La pile débite dans une charge résistive modélisée par une résistance R .

1. Écrire les demi-équations électroniques relatives au fonctionnement de la pile.
2. En déduire l'équation de la réaction ayant lieu lorsque la pile débite. Calculer sa constante d'équilibre à 25°C. Commenter.
3. Recopier et compléter le schéma de la pile à hydrogène présenté en figure 3 en repérant les espèces en présence à l'anode et à la cathode. Indiquer le sens conventionnel du courant électrique I et le sens de circulation des électrons. Indiquer les polarités des électrodes.

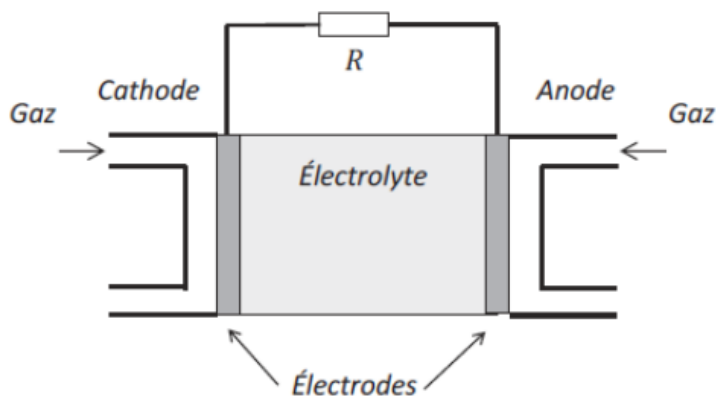


Figure 3 – Pile à combustible débitant sur une résistance R

4. Calculer la force électromotrice de la pile dans les conditions standards ($pH = 0$, pressions égales à 1 bar et concentrations égales à 1 mol/L).
5. Quelle est l'utilité de l'électrolyte?

On estime à 500 moles la quantité de matière de dihydrogène nécessaire pour faire rouler une voiture sur une distance de 100 kilomètres.

6. Quelle est la quantité de matière d'électrons, n_e , nécessaire pour parcourir 100 kilomètres ?
7. Quelle est la charge électrique Q libérée par ces porteurs de charge ?

On donne le nombre de Faraday $\mathcal{F} = 96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$.

8. En réalité, la pile à hydrogène est constituée de 256 cellules câblées en série, délivrant une tension de 0,7 V chacune. Elle développe par ailleurs une puissance totale de 20 kW. Déterminer le temps nécessaire pour parcourir la distance désirée de 100 kilomètres. Votre démarche sera clairement exposée.