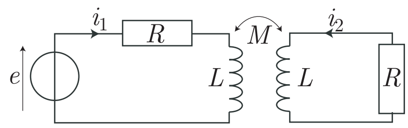
# A2– Induction et thermochimie

**⋆⋆⋆ Exercice N°1–**

Soit le montage ci dessous, dans lequel la tension $e$ est un échelon qui passe de 0 V à $E$, en $t = 0$. $M$ est l'inductance mutuelle. Pour les questions suivantes, on envisage le cas où le couplage est idéal.




1. Calculer $i_1(0)$, $i_2(0)$, $i_1(\infty)$, $i_2(\infty)$.
2. Déterminer les expressions de $i_1(t)$ et $i_2(t)$.

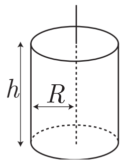
**⋆⋆⋆ Exercice N°2–**

Une bobine plane $\mathcal{B}$ d'axe $\vec{y}$, comportant $N$ spires de rayon $a$ et parcourue par un courant $i$, possède une résistance interne $r$, un coefficient d'auto-induction $L$ et est reliée à une résistance $R$ modélisant une lampe. Un aimant permanent, assimilé à un dipôle magnétique $\vec{m} = I_d\,\vec{S}$ tourne autour de l'axe $(O, \vec{x})$ à une vitesse angulaire $\omega$ constante, au centre $O$ de $\mathcal{B}$ où le champ vaut $\vec{B}(O) = \dfrac{\mu_0 N i}{2a}\,\vec{u}_y$.

1. Calculer le flux $\phi_B$ du champ magnétique créé par la bobine à travers la surface équivalente $S_d$ du dipôle magnétique $\vec{m}$. En déduire le flux magnétique $\phi_m$ créé par l'aimant permanent à travers la bobine. Exprimer le résultat en fonction de $\mu_0$, $N$, $m$, $a$, $\omega$ et du temps $t$.
2. Donner l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$. Dans le cas d'un régime sinusoïdal forcé, exprimer $i(t)$ sous la forme $i(t) = I\,\sin(\omega t - \varphi)$. Donner les expressions de $I$ et $\varphi$.
3. Calculer $U_{R,\infty} = \lim\limits_{\omega\to\infty} U_R$ où $U_R$ est la tension aux bornes de la résistance $R$.

**⋆⋆ Exercice N°3–**

Un conducteur cylindrique de rayon $R$, de hauteur $h \gg R$, de conductivité $\sigma \gg \omega\varepsilon_0$, est placé dans un champ $\vec{B} = \vec{B}_0\,\cos(\omega t)$ dirigé selon son axe. De la chaleur se dissipe du cylindre ; quelle est son origine ? Calculer sa puissance moyenne.




**⋆⋆ Exercice N°4–**

Une étape de la synthèse industrielle de l'acide sulfurique est l'oxydation du dioxyde de soufre en trioxyde de soufre par l'oxygène de l'air. Cette réaction se fait vers 700 K sous une pression de 1 bar.

1. Écrire l'équation de la réaction rapportée à une mole de dioxygène.
2. Calculer, à $T = 298$ K, l'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^0_{298}$. Calculer, à $T = 700$ K, $\Delta_r H^0_{700}$.
3. On part d'un système formé de 10 moles de $SO_2$, 10 moles de $O_2$, 40 moles de $N_2$ à 700 K. On obtient à l'équilibre, au bout d'un certain temps, un système comportant 9 moles de $SO_3$.
   a- Donner l'avancement de la réaction et la composition du système à l'équilibre.
   b- En supposant que la réaction a lieu adiabatiquement, déterminer la température finale du système.
   c- Si la température a varié moitié moins, quelle est la quantité de chaleur reçue par le système réactionnel ?

Données à $T = 298$ K et $P^0 = 1$ bar : $C_p^0$ (capacité thermique molaire standard qu'on suppose indépendante de la température), $\Delta_f H^0$ (enthalpie standard de formation molaire) :

| | $SO_{2(\text{gaz})}$ | $O_{2(\text{gaz})}$ | $SO_{3(\text{gaz})}$ | $N_{2(\text{gaz})}$ |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta_f H^0$ (en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) | $-297$ | | $-396$ | |
| $C_p^0$ (en $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$) | $39,9$ | $29,4$ | $50,7$ | $29,1$ |

⋆⋆⋆ **Exercice N°5–**

1. Représenter la maille conventionnelle cfc et exprimer le paramètre de maille en fonction de la masse volumique.
2. On donne la réaction : $3\,\mathrm{CoO_{(sol)}} + \frac{1}{2}\,\mathrm{O_{2\,(gaz)}} \leftrightharpoons \mathrm{Co_3O_{4\,(sol)}}$. Exprimer $K^0$ en fonction de la pression partielle $P_{\mathrm{O_2}}$.
3. Rappeler en quoi consiste l'approximation de Ellingham et calculer, sous cette hypothèse, $\Delta_r H^0$ et $\Delta_r S^0$ de la réaction.
4. Calculer la pression $P_{\text{éq}}$ en $\mathrm{O_2}$ à l'équilibre , à $T = 1\,050$ K.
5. À $T = 1\,050$ K, on met une mole de CoO et $0,01$ mole de $\mathrm{O_2}$ dans un récipient de volume $V = 10$ L. Le système évolue-t-il ? si oui, comment ?
6. On comprime le volume ; comment le système évolue-t-il ? Calculer le volume d'apparition de $\mathrm{Co_3O_4}$.

Données thermodynamiques à 298 K :

| | $\mathrm{CoO_{(sol)}}$ | $\mathrm{O_{2\,(gaz)}}$ | $\mathrm{Co_3O_{4\,(sol)}}$ |
|---|---|---|---|
| $\Delta_f H^0$ (en $\mathrm{kJ\cdot mol^{-1}}$) | $-237,9$ | $0$ | $-891,0$ |
| $S^0_m$ (en $\mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}}$) | $53$ | $205,2$ | $102,5$ |

Constant molaire des gaz parfaits : $R = 8,31\ \mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}}$.

Réponses

**Exercice N°1–**

1.

| $i_1(0)$ | $i_2(0)$ | $i_1(\infty)$ | $i_2(\infty)$ |
|---|---|---|---|
| $E/2R$ | $-E/2R$ | $E/R$ | $0$ |

2. $i_1(t) = \dfrac{E}{R}\left(1 - \dfrac{1}{2}\,\mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$ et $i_2(t) = -\dfrac{E}{2R}\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$ où $\tau = \dfrac{2L}{R}$.

**Exercice N°2–**

1. $\phi_m = \dfrac{\mu_0 N m}{2a}\cos(\omega t)$
2. $L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + (r+R)i = E_0\sin(\omega t) \Rightarrow i = I\sin(\omega t - \varphi)$ où $I = \dfrac{\mu_0 N m\omega}{2a\sqrt{(r+R)^2 + L^2\omega^2}}$ et $\tan\varphi = \dfrac{L\omega}{r+R}$
3. $U_{R,\infty} = \dfrac{R\mu_0 N m}{2aL}\times\sin(\omega t)$

**Exercice N°3–** Courants de Foucault : $P = \dfrac{\sigma h\omega^2 B_0^2\pi R^4}{16}$

**Exercice N°4–**

1. $2\,\mathrm{SO_2} + \mathrm{O_2} = 2\,\mathrm{SO_3}$
2. $\Delta_r H^0_{298} = -198\ \mathrm{kJ\cdot mol^{-1}}$ et $\Delta_r C^0_p = -7,8\ \mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}} \Rightarrow \Delta_r H^0_{700} = -201\ \mathrm{kJ\cdot mol^{-1}}$
3. a- $n_{\mathrm{SO_2}} = 1$ mole ; $n_{\mathrm{O_2}} = 5,5$ moles ; $n_{\mathrm{SO_3}} = 9$ moles
   b- $T_f = 1\,196$ K
   c- $Q = -452$ kJ

**Exercice N°5–**

1. $a = \sqrt[3]{\dfrac{4M}{\mathcal{N}\mu}}$
2. $K^0 = \sqrt{\dfrac{P^0}{P_{\mathrm{O_2}}}}$
3. $\Delta_r H^0 = -177,3\ \mathrm{kJ\cdot mol^{-1}}$ et $\Delta_r S^0 = -159,1\ \mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}}$ sont supposés constants dans l'approximation de Ellingham.
4. $P_{\text{éq}} = 0,095$ bar
5. Rien ne se produit.
6. $V = 9,1$ L