

Cristallographie et induction

Tout moyen de communication est interdit

Les téléphones portables doivent être éteints et rangés dans les sacs

Les calculatrices sont interdites

Au programme

Cristallographie et induction chapitres 1 à 3.

Sommaire

E1	Oxyde de zirconium solide	2
E2	Les phénomènes d'induction – questions de cours	3
E3	Rails de LAPLACE inclinés	4



Aucune impasse tolérée : il est obligatoire de faire de la cristallographie et de l'induction.

Les différentes questions peuvent être traitées dans l'ordre désiré. **Cependant**, vous indiquerez le numéro correct de chaque question. Vous prendrez soin d'indiquer sur votre copie si vous reprenez une question d'un exercice plus loin dans la copie, sous peine qu'elle ne soit ni vue ni corrigée.

Vous porterez une attention particulière à la **qualité de rédaction**. Vous énoncerez clairement les hypothèses, les lois et théorèmes utilisés. Les relations mathématiques doivent être reliées par des connecteurs logiques.

Vous prendrez soin de la **présentation** de votre copie, notamment au niveau de l'écriture, de l'orthographe, des encadrements, de la marge et du cadre laissé pour la note et le commentaire. Vous **encadrerez les expressions littérales**, sans faire apparaître les calculs. Vous ferez apparaître cependant le détail des grandeurs avec leurs unités. Vous **soulignerez les applications numériques**.

Ainsi, l'étudiant-e s'expose aux malus suivants concernant la forme et le fond :

Malus

- | | |
|--|---|
| ◇ A : application numérique mal faite; | ◇ Q : question mal ou non indiquée; |
| ◇ N : numéro de copie manquant; | ◇ C : copie grand carreaux; |
| ◇ P : prénom manquant; | ◇ U : mauvaise unité (flagrante); |
| ◇ E : manque d'encadrement des réponses; | ◇ H : homogénéité non respectée; |
| ◇ M : marge non laissée ou trop grande; | ◇ S : chiffres significatifs non cohérents; |
| ◇ V : confusion ou oubli de vecteurs; | ◇ R : schéma moche fait sans règle; |
| ◇ L : absence de connecteur logique ($\Leftrightarrow$); | ◇ φ : loi physique fondamentale brisée. |

Exemple application numérique

$$n = \frac{PV}{RT} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} p = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa} \\ V = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ T = 300 \text{ K} \end{cases}$$

A.N. : $n = 5,6 \times 10^{-4} \text{ mol}$

~~$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{10^5 \cdot 1}{8,32 \cdot 300} = 0,56$$~~

Remarques antérieures

- 1) Inscrire dans le cadre attitré une remarque **pertinente** issue du **DS10** de l'**année précédente**.
- 2) De même avec une remarque pertinente du **DS10** de **cette année**.

/41 E1 Oxyde de zirconium solide

Les piles à combustible à oxyde solide permettent d'avoir en contact deux phases solide et gazeuse, ce qui supprime les problèmes liés à la gestion de trois phases, notamment la corrosion. Les électrodes sont poreuses de façon à permettre un transport rapide des gaz. Un matériau de choix pour l'électrolyte est l'oxyde de zirconium, appelé zircone, stabilisé à l'yttrium.

La zircone peut être assimilée à un cristal ionique formé de cations Zr^{4+} et d'anions O^{2-} de rayons respectifs r_+ et r_- . Les cations sont distribués aux nœuds d'un réseau cubique faces centrées (CFC).

- 1) Rappeler ce qu'est le modèle des sphères dures.
- 2) Représenter la maille conventionnelle d'une structure CFC de cations. Indiquer le nombre de cations en propre par maille en détaillant le calcul.
- 3) Définir puis démontrer la compacité d'une telle structure dans le cas d'une maille métallique. Donner sa valeur numérique avec 2 chiffres significatifs. Commenter.
- 4) Indiquer et représenter où se situent les sites tétraédriques de cette maille. Combien y en a-t-il ?
- 5) Exprimer le rayon maximal r_- de la particule sphérique pouvant s'insérer dans ces sites sans induire de déformation en fonction du paramètre de maille a et de r_+ . La condition de contact sera énoncée en français et représentée schématiquement.

Les anions occupent tous les sites tétraédriques de la maille CFC formée par les cations.

- 6) Déterminer le nombre d'anions contenus dans cette maille. En déduire la formule de la zircone. Indiquer une autre manière de trouver cette formule à partir d'une caractéristique globale des cristaux ioniques.
- 7) Définir et donner, en justifiant, la coordinence des anions par rapport aux cations, et des cations par rapport aux anions.
- 8) Définir puis exprimer la masse volumique de la zircone en fonction de a , de M_{Zr} la masse molaire du zirconium, de M_{O} la masse molaire de l'oxygène et du nombre d'AVOGADRO.

La formule de l'oxyde d'yttrium est Y_2O_3 .

- 9) En déduire la charge du cation yttrium.
- 10) Le dopage consiste à substituer dans la maille élémentaire de l'oxyde de zirconium une fraction molaire x des cations Zr^{4+} par des cations yttrium. Expliquer pourquoi l'électroneutralité de la structure n'est alors pas respectée.
- 11) Proposer une modification de la formule chimique impliquant le nombre y d'anions O^{2-} présents dans la zircone dopée à l'oxyde d'yttrium, au moyen de x , pour rétablir cette électroneutralité.

/44 E2 Les phénomènes d'induction – questions de cours



Chaque sous-exercice est indépendant des autres.

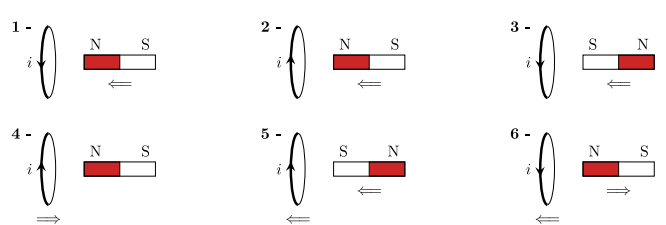
II/A Couple sur un aimant

Soit un aimant de moment magnétique $\vec{\mu}$ plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ dans le plan de ce moment magnétique. On appelle θ l'angle orienté de $\vec{\mu}$ à $\vec{B}$.

- 1 Faire un schéma de la situation, et établir entièrement le système d'étude.
- 2 Exprimer le couple de LAPLACE subi par $\vec{\mu}$ en fonction de θ . En déduire les positions d'équilibre de $\vec{\mu}$.
- 3 En étudiant dans quel sens le couple de LAPLACE tend à faire tourner $\vec{\mu}$ en cas de petites perturbations, appuyé par 2 schémas, déterminer laquelle des deux positions d'équilibre est stable, et laquelle est instable.

II/B Modération de LENZ

Dans chacun des circuits ci-contre, la spire circulaire et/ou l'aimant droit sont déplacés dans le sens indiqué par la double flèche.



- 4 Énoncer la loi de LENZ. Indiquer alors le signe du courant i apparaissant dans la spire pendant le déplacement, en justifiant en français et par un schéma pour chaque situation particulière. On pourra raisonner par symétrie quand elle est bien mentionnée.

II/C Loi de FARADAY

On considère un circuit carré de côté a et de résistance totale R , situé dans un plan orthogonal à un champ magnétique uniforme mais **variable** $\vec{B}(t) = B_0 e^{-t/\tau} \vec{u}_z$ avec B_0 et τ strictement positifs.

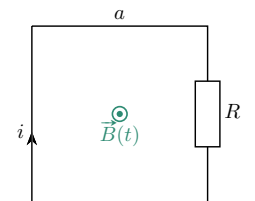


FIGURE D11.1

- 5 Quelle est l'origine de l'induction ? Recopier la Figure D11.1 sur votre copie et complétez-le afin d'exprimer l'intensité i du courant représenté sur le schéma. Vérifier que son signe soit en accord avec la loi de LENZ.
- 6 Quel autre paramètre peut-on faire varier pour avoir induction ? Citer et décrire un exemple de système présentant de l'induction dans ce cas.

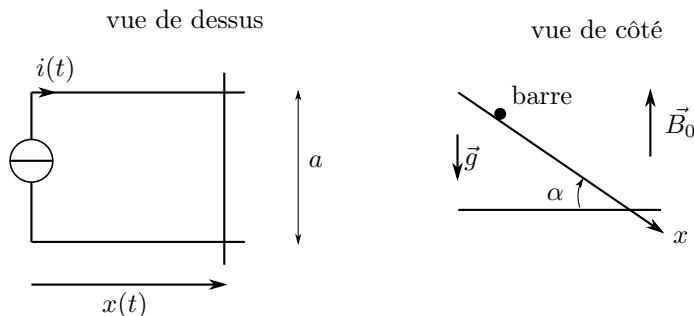
II/D Inductance propre

- 7 Définir ce qu'est le flux propre d'un circuit. Comment se définit l'auto-inductance ? Quelles sont ses propriétés ?
- 8 Représenter le champ propre $\vec{B}_p$ créé dans un solénoïde traversé par une intensité $i(t)$, et rappeler son expression. En déduire l'expression de son flux propre puis de son auto-inductance. Application numérique pour une bobine de TP, avec $N = 1000$ spires de rayon $a = 3$ cm et de longueur $\ell = 10$ cm, avec $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$.

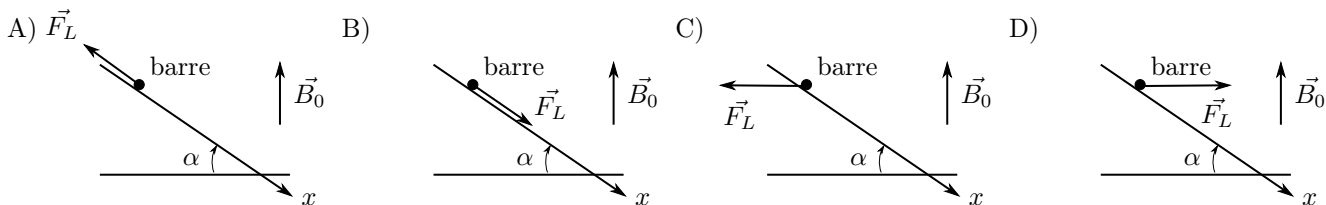
/15 E3 Rails de LAPLACE inclinés

Indiquer la ou les bonnes réponses, en justifiant tout votre raisonnement. Une réponse sans justification ou avec une justification fausse ne rapportera aucun point.

Soient deux rails rigides, parallèles, distants de a , faisant un angle α avec le plan horizontal, conducteurs, de résistance négligeable, baignant dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}_0$ vertical. Les rails sont reliés à une source de courant délivrant une intensité $i(t) = I_0 \cos(\omega t)$. Une barre conductrice de résistance négligeable, de masse m peut glisser sans frottement sur les rails en restant perpendiculaire aux rails. La barre est lâchée sans vitesse initiale depuis la position $x(t=0) = x_0$.



1 Quelle est la résultante des forces de LAPLACE $\vec{F}_L$ s'exerçant sur la barre mobile ?



2 Donner l'expression de la puissance $\mathcal{P}_L$ des actions de LAPLACE.

- A) $\mathcal{P}_L = B_0 i a \dot{x}$ B) $\mathcal{P}_L = -B_0 i a \dot{x}$ C) $\mathcal{P}_L = -B_0 i a \cos(\alpha) \dot{x}$ D) $\mathcal{P}_L = 0$

3 Quelle est l'équation différentielle vérifiée par $x(t)$?

- A) $m\ddot{x} = mg \sin(\alpha) - B_0 i a \cos(\alpha)$ B) $m\ddot{x} = mg \cos(\alpha) - B_0 i a \cos(\alpha)$
 C) $m\ddot{x} = mg \cos(\alpha) - B_0 i a$ D) $m\ddot{x} = mg \sin(\alpha) - B_0 i a$

4 Exprimer $x(t)$.

- A) $x(t) = \frac{1}{2}g \sin(\alpha)t^2 + \frac{B_0 a}{m\omega^2} \cos(\alpha) I_0 \cos(\omega t) + x_0$ B) $x(t) = \frac{1}{2}g \cos(\alpha)t^2 + \frac{B_0 a}{m} \cos(\alpha) I_0 \cos(\omega t) + x_0$
 C) $x(t) = \frac{1}{2}g \sin(\alpha)t^2 + \frac{B_0 a}{m} \cos(\alpha) I_0 (\cos(\omega t) - 1) + x_0$ D) $x(t) = \frac{1}{2}g \sin(\alpha)t^2 + \frac{B_0 a}{m\omega^2} \cos(\alpha) I_0 (\cos(\omega t) - 1) + x_0$