

Série N° 14 — Semaine du 16 Décembre 2024

Corrosion, propriétés fonctionnelles

1. Vrai ou faux ?

	Vrai	Faux
a. Lors de la galvanisation, on dépose une couche de Zn sur l'acier car le Zn est plus noble et s'oxyde donc moins vite que l'acier.	☐	☐
b. Quand une surface métallique s'oxyde, si le gain de poids par unité de surface est positif et linéaire en fonction du temps, cela signifie que l'oxyde protège correctement de l'oxydation la surface métallique.	☐	☐
c. En général, si le potentiel d'électrode d'un couple oxydo-réduction d'un métal est inférieur à celui de l'hydrolyse de l'eau, alors cela signifie que ce métal pourra se corroder dans l'eau.	☐	☐
d. Plus la constante diélectrique d'un matériau isolant est grande, plus la charge que peut accumuler un condensateur qui contient ce matériau comme couche isolante peut être grande.	☐	☐
e. Les métaux ont une forte conductivité électrique du fait de leur grande densité d'électrons libres, et celle-ci augmente avec la température.	☐	☐
f. Les matériaux diamagnétiques ont une susceptibilité magnétique négative qui induit un champ magnétique qui s'oppose au champ magnétique externe.	☐	☐
g. Un matériau magnétique qui à un champ coercitif très grand sera considéré comme un aimant dur.	☐	☐
h. Un matériau ferroélectrique cristallise dans une structure qui n'est pas centro-symétrique, cela permet la présence d'une polarisation spontanée qui peut être inversée par l'application d'un champ électrique.	☐	☐
i. La valeur de l'aimantation rémanente pour un matériau ferromagnétique permet de distinguer un aimant doux d'un aimant dur.	☐	☐

2. Oxydation du titane

La cinétique d'oxydation du titane dans l'air à haute température est limitée par la diffusion d'oxygène avec une énergie d'activation $Q_d = 275 \text{ kJ/mol}$. Si on arrive à produire un film d'épaisseur $e = 0.08 \mu\text{m}$ après une heure à 800°C , combien de temps devrait-on laisser le titane à 1000°C pour obtenir un film d'oxyde d'épaisseur $0.15 \mu\text{m}$?

3. Condensateur et diélectrique

- Un condensateur plan a une surface de plaques de $S = 0.01 \text{ m}^2$ et un gap d'air (on supposera que c'est comme du vide) $d = 100 \mu\text{m}$. Calculer sa capacité C .
- On remplace l'air par une feuille de mica ($\epsilon_r = 6$). Calculer la nouvelle capacité du condensateur.
- Sachant que le champ disruptif (ou rigidité diélectrique) de l'air (sec) est de 3.6 MV/m , alors que celui du mica est de 150 MV/m , quelle différence de potentiel maximale peut-on appliquer aux bornes de ce condensateur dans les deux situations avant qu'il n'y ait claquage ?
- La charge Q portée par les plaques du condensateur étant donnée par CV , nous pouvons écrire :

$$Q(t) = \int_0^t I(t) dt = CV(t)$$

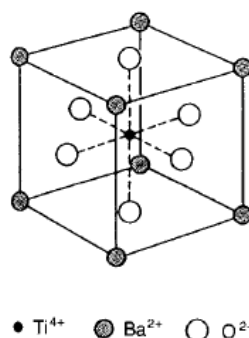
où $I(t)$ est le courant circulant lors de la mise sous tension des plaques. L'incrément d'énergie électrique dW_{elec} est donné par $V dQ$, d'où :

$$W_{elec} = \int_0^t dW_{elec} = \int_0^t V \cdot (dQ)$$

A l'aide de cette relation, montrer que l'énergie stockée dans le condensateur (s'il n'y a pas de perte diélectrique) est simplement donnée par $CV^2/2$. Calculer cette énergie stockée pour les cas de l'air et du mica au potentiel disruptif.

- On place maintenant une plaque de titanate de baryum, une céramique ferroélectrique, entre les plaques du condensateur. La maille élémentaire de ce cristal est illustrée ci-dessous dans sa forme non polarisée, qui est stable à haute température. Le paramètre de maille, a , est $a = 4 \text{ \AA}$. À température ambiante, le cation Ti^{4+} quitte le centre de la maille et se déplace de $0.25 \text{ \AA}$ en direction de l'un des atomes d'oxygène. Cette rupture de symétrie dans la répartition des charges crée un dipôle électrique dans chacune des mailles élémentaires du cristal. En considérant que tous les ions titane se déplacent dans la même direction, lorsque le matériau est mis dans le champ électrique créé par le

condensateur, calculez la polarisation de la plaque de céramique. Indice : on considère que les charges sur les sommets et les faces du cube s'additionnent en une charge totale effective en leur barycentre.



4. Magnétisme des matériaux

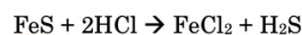
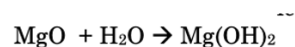
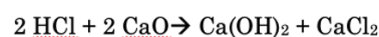
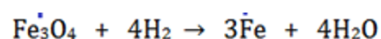
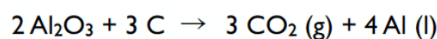
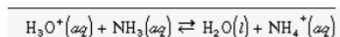
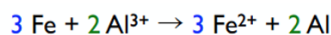
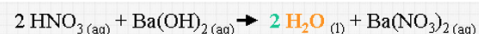
- La différence entre un aimant doux et un aimant dur est-elle liée à : (i) leur susceptibilité magnétique ; (ii) leur aimantation résiduelle ; (iii) leur champ coercitif ?
- Sachant que l'énergie associée au magnétisme est du type : $W_{mag} = \int B dH$ quelle est l'unité de W_{mag} et que représente alors la boucle d'hystérèse ?
- A l'aide des données fournies par les cartes d'Ashby, calculer la puissance dissipée (en $W=J/s$), dans un aimant en fer doux utilisé pour un transformateur à 50 Hz, le noyau en fer doux faisant 10 cm^3 ? On assimilera la boucle d'hystérèse à un rectangle pour simplifier l'intégration, et on considérera que la puissance $P_{diss} = W_{mag} \cdot f$, où f est la fréquence.
- Le fer doux est-il encore utilisable comme noyau pour une bobine de haut-parleur dont la fréquence maximale est de 20 kHz ? Et pour un lecteur de données numériques à 200 Mbit/s (soit 200 MHz) ? Pour ces dispositifs (plus petits), repartir de la densité d'énergie W_{mag} et comparer les valeurs obtenues en comparant l'échauffement qu'il y aurait dans chaque cas, en supposant qu'il n'y a pas d'échange thermique avec l'extérieur et connaissant la densité du fer $\rho = 7880 \text{ kg/m}^3$ et sa chaleur spécifique $c_p = 440 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
- Le fer a une structure cubique centrée avec un paramètre de maille $a = 0.287 \text{ nm}$ et une aimantation à saturation $M_S = 1.8 \times 10^6 \text{ A/m}$. Calculer le moment magnétique porté par chaque atome, sachant qu'à saturation, tous les moments magnétiques sont orientés dans le même sens.

5. Répondez aux questions suivantes, exercice bonus pour réviser le cours propriétés fonctionnelles

- Quel type d'aimant faut-il choisir pour un transformateur ? Pour quelle raison ?
- Essayer de proposer pourquoi la conductivité électrique d'un métal diminue avec la présence d'éléments d'alliage en solution solide ?
- Et pourquoi augmente-t-elle pour ce même alliage lorsque l'on fait un traitement de précipitation ?
- Quelle épaisseur minimale de téflon devez-vous utiliser pour isoler électriquement un fil conducteur à 100 kV de la terre ?

6. Bonne pioche, exercice bonus...

Parmi les réactions suivantes prises sur internet, lesquelles sont des réactions d'oxydo-réduction, lesquelles sont acide-base, et lesquelles ne sont ni l'une ni l'autre ?





Bonnes fêtes et bon courage pour les examens !

7. Solution des exercices

- a. exercice 2 (*réponse : 101 secondes*),
- b. exercice 3 (*Réponse : (1) : 0.885 nF, (2) : 5.31 nF; (3) 360 V versus 15000 V; (4) : 0.6 Joules pour le mica, et 57.3 microJoules pour l'air; (5) : $P_s = 0.25 \text{ C m}^{-2}$*
- c. exercice 4 *Solution : (c) : $P_{diss} = 0.025 \text{ W}$, (d) fer doux ok dans les 2 premiers cas seulement; (e) $m = 2.13 \times 10^{-23} \text{ Am}^2$*