

Partie commune

Exercice n°1

1. On considère la molécule d'ammoniac.
  - a. Ecrire la structure électronique en couches et sous-couches de l'azote  $^{14}_7\text{N}$ .
  - b. Justifier la formule de l'ammoniac. Représenter sa forme géométrique.
2. On considère le nitrure de fer  $\gamma'$ . Les atomes de fer suivent une maille CFC et l'atome d'azote est en insertion au centre de la maille.
  - a. L'arrête de la maille vaut  $a = 0,3536 \text{ nm}$ . Calculer le rayon de l'atome de fer. En déduire le rayon du site occupé par l'atome d'azote.
  - b. Déterminer la formule stœchiométrique du nitrure de fer  $\gamma'$ .
  - c. Calculer le pourcentage d'azote en masse qu'il contient.  
On donne les masses molaires de l'azote  $14 \text{ g.mol}^{-1}$  et du fer  $55,8 \text{ g.mol}^{-1}$
3. On s'intéresse à la nitruration d'un acier.
  - a. Ecrire la réaction de dissociation de l'ammoniac donnant une mole d'azote moléculaire.
  - b. Il s'agit en fait d'un équilibre. Ecrire la constante d'équilibre  $K_p$  en fonction des pressions partielles.
  - c. Calculer la variance de cet équilibre.
  - d. Préciser et justifier l'influence de chaque facteur de cet équilibre.
  - e. On donne les valeurs suivantes :

	$\text{NH}_3$	$\text{N}_2$	$\text{H}_2$
$\Delta H_T^0$ en $\text{kJ.mol}^{-1}$	-46,2	0	0
$S_T^0$ en $\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$	192,5	191,5	130,6

Calculer la valeur de l'enthalpie libre de réaction à  $550^\circ\text{C}$ .

En déduire la valeur de  $K_p$ . Commenter.

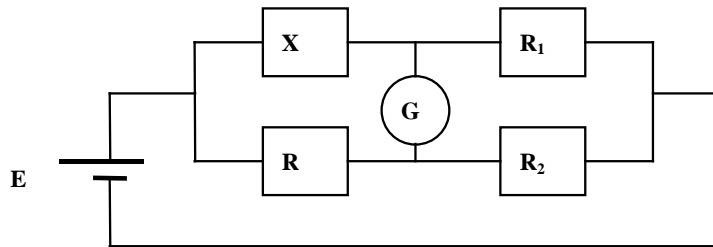
On donne  $R = 8,32 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et  $T \text{ K} = T^\circ\text{C} + 273$

- f. On nitrure un acier en introduisant de l'ammoniac dans un four à  $550^\circ\text{C}$ . Calculer le potentiel azote N d'une atmosphère défini par  $N = \frac{p_{\text{NH}_3}}{p_{\text{H}_2}^{1,5}}$ . Est-on dans les conditions d'équilibre ? Comment maintient-on ce potentiel ?  
On prendra une atmosphère telle que  $p_{\text{NH}_3} = 0,5 \text{ bar}$  et  $p_{\text{H}_2} = 0,4 \text{ bar}$ .
4. On s'intéresse maintenant à l'ammoniaque.
  - a. Donner la signification que l'ammoniaque en solution aqueuse est une base faible.
  - b. Calculer le pH d'une solution d'ammoniaque de concentration  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ . On donne son  $\text{pK}_a = 9,2$ .
  - c. On réalise le dosage par conductimétrie de l'ammoniaque par l'acide chlorhydrique. Représenter l'allure de la courbe de la conductance en fonction du volume d'acide chlorhydrique versé et justifier sa forme.

## Exercice n°2

On donne le diagramme d'équilibre des alliages aluminium-cuivre.

- La phase  $\theta$  a pour formule stœchiométrique  $Al_2Cu$ . Calculer le pourcentage en masse d'aluminium. On donne  ${}^{27}_{13}Al$  et  ${}^{63,5}_{29}Cu$ .
- Calculer les pourcentages en masse des phases de l'alliage eutectique E à 547 °C.
- Calculer les pourcentages en masse des constituants d'un alliage à 5 % de cuivre en masse à l'équilibre à l'ambiante.
- Justifier pourquoi la solution solide de substitution primaire de cuivre dans l'aluminium est moins large que la solution solide de substitution d'aluminium dans le cuivre.
- On mesure la résistance X d'un fil de cuivre en utilisant un pont de Wheatstone qui suit le schéma suivant avec un galvanomètre G (appareil de zéro qui peut être un microampèremètre ou un microvoltmètre). L'équilibre est obtenu pour  $R = 22,5 \Omega$  avec  $R_1 = 10 \Omega$  et  $R_2 = 100 \Omega$ .

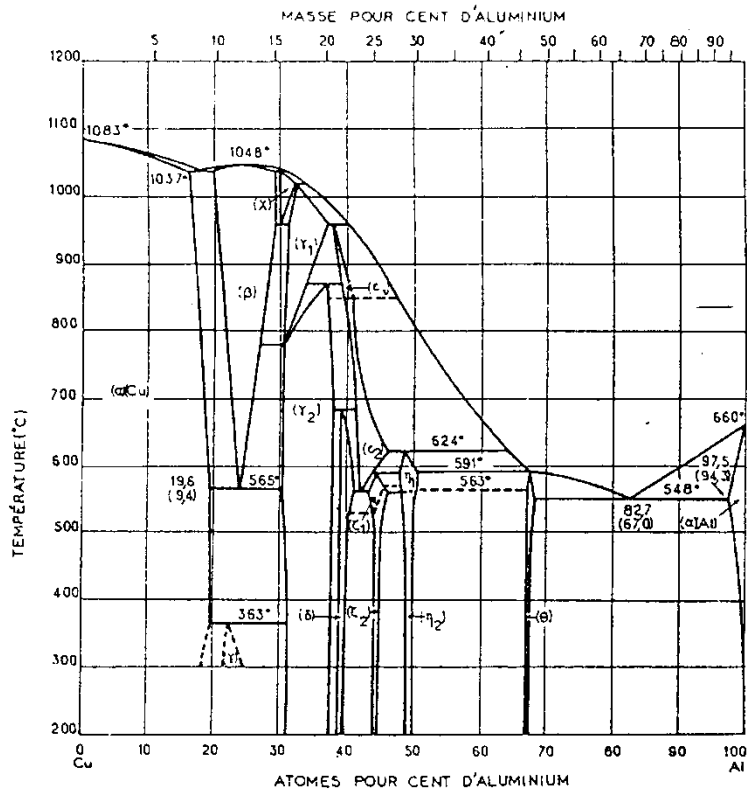


Calculer et justifier la valeur de la résistance X.

- La résistivité du cuivre est de la forme  $\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T)$  avec  $\rho_0 = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$  à 0 °C et  $\alpha = 4 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Calculer la valeur de  $\rho$  à 100 °C.

Calculer la valeur de la résistance à 0°C puis à 100 °C pour un fil de longueur  $L = 10 \text{ m}$  et de diamètre  $D = 0,5 \text{ mm}$ . On ne tiendra pas compte des variations de longueur et de diamètre sur cet intervalle de température.



### Al-Cu (Aluminium-Cuivre).

Entre 0 et 20 % en masse d'aluminium, le diagramme est connu avec une précision voisine de 0,1 % en masse. Dans le domaine de 20 à 30 % en masse d'aluminium, les réactions d'équilibre entre phases solides sont complexes et encore mal connues. Cette région a fait l'objet de très nombreuses interprétations contradictoires. On a suggéré par exemple une transition continue entre  $\gamma_2$  et  $\delta$ . La phase  $\epsilon$  subit à 850 °C une transformation de nature inconnue. Au-delà de 30 % en masse d'aluminium, le diagramme est bien établi et le liquidus précis à  $\pm 2$  °C.

La phase  $\theta$  se forme par solidification plutôt que par réaction péritectique (étant donné l'échelle, cela n'apparaît pas sur le diagramme où l'on pourrait croire que le sommet du domaine  $\theta$  est confondu avec l'extrémité du palier situé à 591 °C). Le domaine de la phase  $\theta$  appelée aussi  $\text{Al}_2\text{Cu}$  ne contient pas la composition correspondant à ce composé.

La solubilité à l'état solide du cuivre dans l'aluminium est connue à 0,1 % près (en masse), entre 400 et 548 °C.

Il y aurait des phases ordonnées (à courte distance) dans les solutions solides d'aluminium dans le cuivre jusqu'à 25 atomes % d'aluminium.

### Structure des phases :

$\alpha$ (Cu) :	c. f. c.
$\beta$ :	c. c.
$\gamma$ :	c. f. c.
X	} structures voisines de $\gamma_2$
$\gamma_1$	
$\gamma_2$ :	c. (type laiton $\gamma$ )
$\delta$ :	structure inconnue
$\epsilon_1$ :	structure inconnue
$\epsilon_2$ :	c. structure voisine de $\gamma_2$ (plus simple)
$\zeta_1$ :	h.
$\zeta_2$ :	m.
$\eta_1$ :	orth.
$\eta_2$ :	orth. centrée
$\theta$ :	t.
$\alpha$ (Al) :	c. f. c.

## TM2 année scolaire 2011-12 – IE n°4

### Partie spécifique

#### Exercice n°1

On réalise une cémentation basse pression avec de l'éthyne appelée aussi acétylène  $C_2H_2$ .

- Justifier la formule chimique de l'éthyne et préciser sa forme géométrique.
- Ecrire la réaction de combustion complète de l'éthyne dans l'air puis la réaction de craquage de l'éthyne circulant sur un catalyseur placé dans un four sous vide.
- Le carbone diffuse en suivant les lois de Fick avec pour solution :  $\% c = \% c_0 (1 - \operatorname{erf}(u))$  avec  $u = \frac{x}{2\sqrt{Dt}}$  et  $D = D_0 e^{-\frac{\Delta H}{RT}}$ .
  - Ecrire les 2 lois de Fick.
  - Le coefficient de diffusion du carbone dans l'austénite à 900 °C est  $D = 5,9 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . La pièce traitée est considérée comme du fer pur et la surface est portée à une concentration  $\% c_0 = 0,8$ . Quelle est la durée du traitement permettant d'obtenir un  $\% c_x = 0,6$  à 0,15 mm de profondeur ?  
On donne les valeurs utiles de erf (u) : erf(0,2) = 0,223 et erf(0,3) = 0,329.
  - Sachant que l'enthalpie de diffusion du carbone dans l'austénite est  $\Delta H = 148000 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ , calculer le coefficient de diffusion D à 950 °C et la durée du traitement équivalent.

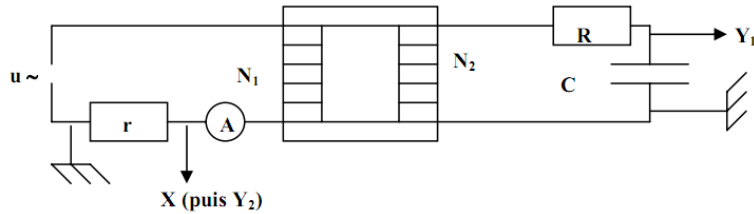
#### Exercice n°2

On donne  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  et  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ . La masse de l'électron est  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

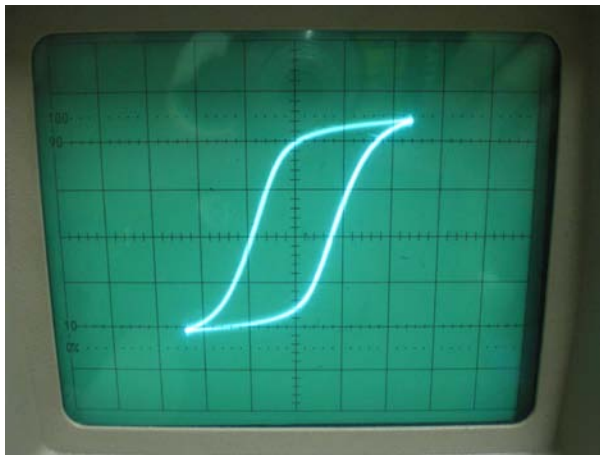
- L'énergie de 1<sup>ère</sup> ionisation du fer est  $E = 7,9 \text{ eV}$ . Calculer la longueur d'onde associée à la retombée de l'électron sur son état fondamental. Quel est le domaine de longueur d'onde ?
- On admettra que la lumière est déviée par un prisme équilatéral d'angle A. On donne son indice en fonction de la longueur d'onde  $n = 1,580 + \frac{0,0102}{\lambda^2}$  avec  $\lambda$  en  $\mu\text{m}$  et en fonction de l'angle D de déviation  $n = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$ .
  - Pourquoi obtient-on un spectre de raies ?
  - Calculer l'angle de déviation D. Commenter le résultat.
- L'énergie d'ionisation de l'électron  $1s^1$  du fer est  $E = 9278 \text{ eV}$ .
  - Calculer la longueur d'onde associée à la retombée de l'électron sur son état fondamental. Quel est le domaine de longueur d'onde ?
  - L'électron est expulsé par un photon d'énergie 12 keV. Calculer sa vitesse d'expulsion.

### Exercice n°3

On réalise un circuit magnétique. On a pour le circuit primaire  $r = 33 \Omega$ ,  $N_1 = 400$  spires et pour le circuit secondaire  $R = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $C = 1 \mu\text{F}$  et  $N_2 = 72$  spires. La longueur du circuit est  $L = 0,48 \text{ m}$  et la section du circuit est carrée avec un coté  $a = 4 \text{ cm}$ .



On observe sur l'écran le cycle d'hystérésis suivant. Le calibre est sur la voie X de 5 V par carreau et le calibre sur la voie Y de 20 mV par carreau.



On rappelle que  $H = \frac{N_1}{L} I = \frac{N_1}{L} \frac{u_r}{r}$  et  $B = u_c \frac{RC}{N_2 S}$ .

On donne  $\mu_0 = 4 \pi 10^{-7} \text{ u SI}$ .

1. Justifier les relations permettant de calculer les valeurs de H et B.
2. Donner la valeur du champ magnétique rémanent  $B_r$  et celle de l'excitation coercitive  $H_c$ .
3. Calculer la valeur de la perméabilité magnétique relative lors de la saturation.  
On donne  $\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H}$ .
4. Définir en quelques phrases, les 3 formes fondamentales de magnétisme.