

BTS Sujet 2000

Partie commune

Dans chaque partie, certaines questions sont indépendantes.

Exercice 1

Etude d'un capteur de température

On veut étudier un capteur de température, constitué d'une résistance de platine, permettant de connaître la température d'un bain de sels.

A. Capteur à résistance de platine

1. La capacité thermique massique du platine dépend de la température :

$$C_{Pt} = 0,1253 + 2,67 \cdot 10^{-5} T \text{ en } J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1} \text{ avec } T \text{ température en Kelvin}$$

Calculer sa valeur à température ambiante $\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

2. La capacité thermique μ du capteur $4,5 J \cdot K^{-1}$ à la température ambiante.

On admet la capacité thermique du platine ($\mu_{Pt} = m_{Pt} \times c_{Pt}$) représente les 2/3 de la valeur de μ , l'émaillage et la gaine l'autre tiers.

a. Quelle est la masse de platine utilisée ?

b. En déduire le volume de platine.

Donnée : masse volumique du platine $m_v = 21,45 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$

- c. La résistance électrique du platine doit avoir une valeur $R = 100 \Omega$ à

température ambiante. Elle est constituée d'un fil cylindrique de diamètre D et de longueur L .

Calculer le diamètre D et la longueur du fil à bobiner.

Donnée : résistivité du platine

$$\rho = 10,6 \cdot 10^{-8} (1 + 3,90802 \cdot 10^{-3} T - 5,80197 T^2) \text{ en } \Omega \cdot \text{m} \text{ avec } T \text{ en température Kelvin}$$

B. Temps de réponse du capteur

Le capteur donne une indication sur sa propre température. Il doit donc être en équilibre thermique avec le fluide dont on veut connaître la température.

1. Les capteurs industriels sont surtout des thermocouples ou des thermomètres à résistance. Quelle est la grandeur physique associée à la température pour chacun de ces thermomètres ?

2. Le thermomètre à résistance de platine précédent (partie A) est utilisé pour connaître la température du bain de sels supposée constante θ_B .

Cette sonde de température a une forme cylindrique. (rayon $r = 1,5 \text{ mm}$ et longueur immergée $l = 150 \text{ mm}$)

La température initiale du thermomètre est θ_0 . Sa température à la date t est notée θ .

Le coefficient d'échange thermique entre le bain et le thermomètre est supposé constant et vaut $h = 33,52 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

On montre que la loi d'évolution de la température du capteur est de la forme : $\theta - \theta_B = A e^{-kt}$ avec $k = \frac{hS}{\mu}$

S : surface d'échange entre le capteur et le bain (surface latérale du cylindre immergée)

μ : capacité thermique du capteur

- a. Calculer k et donner son unité
- b. On pose : $\tau = \frac{1}{k}$, τ s'appelle la constante de temps du capteur. Calculer τ et donner son unité.
- c. En utilisant les conditions initiales $t = 0$, exprimer la constante A en fonction des températures θ_0 et θ_B .
- d. Exprimer θ , température du capteur, en fonction du temps t , sachant que :

$\theta_b = 400 \text{ }^\circ\text{C}$ et $\theta_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Calculer θ pour les dates suivantes : τ , 2τ et 3τ .

Représenter graphiquement θ en fonction du temps entre 0 et 300 s.

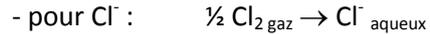
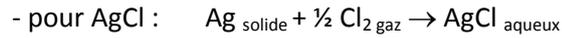
Conclusion : comment doit être la constante de temps τ pour avoir un bon capteur ?

Exercice 2

Données :

Enthalpies libres standard de formation à 298 K, en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Ces valeurs sont relatives aux transformations ci-dessous :



Espèce chimique	AgCl	Ag^+	Cl^-
$\Delta_f G^\circ_{298}$ en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	- 109,8	+ 77,1	- 131,2

Masses molaires atomiques en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$:

Ag	Cl	Cr	K	O
108	35,5	52	39	16

Produit de solubilité du chlorure d'argent : $K_1^\circ = 1,75 \cdot 10^{-10}$ à $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Produit de solubilité du chromate d'argent : $K_2^\circ = 1,9 \cdot 10^{-12}$ à $25 \text{ }^\circ\text{C}$

$R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

On rappelle la relation $\Delta_r G^\circ = - RT \ln K^\circ$

Partie A

Le chlorure d'argent AgCl est un corps solide qui se dissout faiblement dans l'eau en donnant des ions Ag^+ et des ions Cl^- .

1. Ecrire la réaction de dissociation de AgCl dans l'eau.
2. En utilisant les données fournies, calculer l'enthalpie libre standard $\Delta_r G^\circ$ de cette réaction à $25 \text{ }^\circ\text{C}$.
3. Le produit de solubilité K_1° du chlorure d'argent, s'écrit $K_1^\circ = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$.

Le produit de solubilité est la constante de l'équilibre de dissociation de AgCl. Il peut être calculé à partir de l'enthalpie libre standard. Retrouver la valeur de K_1° à $25 \text{ }^\circ\text{C}$ qui figure dans les données.

4. Calculer la solubilité du chlorure d'argent dans l'eau pure à $25 \text{ }^\circ\text{C}$, en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Partie B

On dissout 1,94 g de chromate de potassium K_2CrO_4 et 7,45 g de chlorure de potassium KCl pour réaliser 1,00 L de solution.

1. Dans la solution, ces sels sont totalement dissociés en ions. Calculer les concentrations (exprimées en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) des ions Cl^- , des ions CrO_4^{2-} et des ions K^+ .
2. On ajoute progressivement une solution de nitrate d'argent. Cette solution est très concentrée, si bien qu'on peut négliger la variation de volume. On s'attend à voir précipiter deux corps :
 - le chlorure d'argent AgCl,
 - le chromate d'argent Ag_2CrO_4 .

- a. Pour quelle concentration C_1 en Ag^+ observera-t-on la précipitation de AgCl ?
 - b. Pour quelle concentration C_2 en Ag^+ observera-t-on la précipitation de Ag_2CrO_4 ?
 - c. Conclusion : lequel des deux précipitera le premier ?
3. Déduire de la réponse à la question 2.b. quelle sera la concentration en Cl^- lorsque Ag_2CrO_4 commencera à précipiter.
 4. En s'appuyant sur ce qui précède, expliquer en quelques lignes la méthode de dosage des ions Cl^- par les ions Ag^+ en présence d'ions CrO_4^{2-} . (Le précipité de AgCl est blanc, celui de Ag_2CrO_4 est rouge).

Partie spécifique à l'option A

Question 1 : LA DEFORMATION PLASTIQUE

1. Expliquer très rapidement la déformation plastique d'un monocristal par les dislocations et évoquer succinctement les lois du glissement.
2. Donner la définition d'un système de glissement.
3. Combien y a-t-il de systèmes de glissement dans l'empilement cubique à faces centrées ? Donner deux systèmes de glissement définis par leurs indices de Miller. Les dessiner.
4. Déterminer la valeur du facteur de Schmid pour l'un de ces deux systèmes, choisi de manière quelconque, lorsque la direction de l'axe de traction est $[101]$. Est-on proche de la valeur maximale ? Conclure.

Question 2 : ATMOSPHERE DE CEMENTATION

Une atmosphère de cémentation réagit sur un acier pauvre en carbone placé dans un four à 920°C soit 1193 K où la pression totale reste constamment égale à 1 bar . L'analyse aux infrarouges montre que l'atmosphère en équilibre avec l'acier contient :

- 20% de CO et 0,114% de CO_2 ,
- 40 % de $(\text{H}_2 + \text{CH}_4)$, la composition de l'atmosphère en méthane n'ayant pas été mesurée ;
- N_2 , H_2O

1. Calculer la constante d'équilibre K_1 correspondant à la réaction : $\text{C}_\gamma + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$ sachant que d'enthalpie libre standard réactionnelle est, à la température T : $\Delta_r G^\circ = 170700 - 174,5 T$ en J. mol^{-1} .

On donne la valeur de la constante des gaz parfaits : $R = 8,314\text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

2. Déterminer l'activité a_c du carbone dans cette solution solide austénitique.
3. Rappeler la définition du potentiel-carbone X de l'atmosphère cémentante et calculer sa valeur en utilisant la relation : $a_c = 1,07 \frac{X\%}{100 - 19,5 X\%} e^{\frac{4798,6}{T}}$ où T est la température absolue.
4. Utiliser le diagramme de Richardson fourni avec l'énoncé pour déterminer la valeur du rapport $\ln \frac{P_{\text{CH}_4}}{P_{\text{H}_2}^2}$

Vérifier que le rapport : $\ln \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}}$ donné par le diagramme de Richardson, correspond à la valeur déduite des valeurs expérimentales.

Justifier la construction et les calculs graphiques réalisés.

Question 3 : ETUDE D'UN CHAUFFAGE PAR RAYONNEMENT

Un four à vide comporte un certain nombre de résistors fonctionnant chacun sous une tension de 220 V et parcourus par un courant d'intensité 3 A. Chaque résistor, que l'on assimilera à un corps noir, est constitué par un barreau de graphite de diamètre $d = 6$ mm et de longueur $L = 20$ cm.

1. Donner la définition du corps noir.
2. La loi de STEFAN s'écrit $M_o = \sigma T^4$. Que représente la grandeur M_o ? En quelle unité s'exprime-t-elle ?
3. En admettant que l'énergie dissipée par effet Joule est intégralement transformée en énergie rayonnante :
 - a. Calculer la température de surface de chaque résistor. On prendra $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$. (On supposera que parois et charge sont à basse température et ne rayonnent pas).
 - b. La loi de WIEN permet de calculer la longueur d'onde du maximum du rayonnement émis à une température donnée : $\lambda T = 2898$ avec en λ en μm et T en Kelvin (K).
Calculer λ pour la température précédente .
Comparer cette valeur à celle correspondant au maximum du rayonnement émis par le soleil dont la température est de l'ordre de 6000 K.
Dans quels domaines des longueurs d'ondes se situent ces deux valeurs ?

Diagramme de Richardson

