

Thermodynamique

Températures dans un réacteur nucléaire

1. Vitesse d'écoulement du sodium.

Le premier principe appliqué à l'écoulement stationnaire du sodium s'écrit : . D'où : .

Le débit s'exprime comme ; d'où :

2. Température dans le sodium.

2.1.1.

Le premier principe appliqué à une tranche d'épaisseur dx de sodium s'écrit : soit . En intégrant, on obtient : qui est de la forme annoncée si

2.1.2.

Pour $x = 0$, ; pour $x = L$, ;

d'où : , , et .

2.2.1.

En identifiant les deux expressions de la puissance thermique cédée par la barre au sodium, on obtient :

d'où :

2.2.2.

~~Soit une constante positive.~~ Considérons la fonction définie par La représentation de Fresnel (figure) montre que y est maximum qu' et que sa valeur est alors
Cette propriété appliquée à la fonction montre que .
D'où :

3. Température dans le combustible.

3.1.1.

La loi de Fourier dit que .

3.1.2.

Admettons que la production de chaleur est uniforme dans la section de la barre de combustible. Alors la puissance thermique sortant d'un cylindre de rayon r et de longueur dx est proportionnelle à son volume :

3.1.3.

D'où qui est bien de la forme demandée, avec .

3.2. En intégrant par rapport à r de r à b_0 , on obtient :

3.3.

En utilisant la propriété démontrée à la question 2.2.2., on obtient :

$=1,75$ m.

4. Discuter.

La puissance thermique produite dans la barre ne dépend pas du flux de neutrons à travers une section de la barre, mais est proportionnelle à la densité de neutrons, le coefficient de proportionnalité dépendant de la vitesse d'agitation des neutrons. L'approximation faite est de supposer que la densité de neutrons est proportionnelle à et indépendante de r . En particulier, elle s'annulerait aux deux extrémités de la barre. Ceci est conforme à ce que disent de nombreux exercices sur la loi de Fick, mais, en réalité, la densité décroît exponentiellement au delà des extrémités de la barre et il n'y a pas de raison qu'elle s'annule dès l'extrémité. L'approximation de séparer les dépendances en r et x est correcte, puisque la longueur de la barre est très grande devant sa largeur.

Les résultats numériques obtenus sont possibles puisque et sont compris entre et et puisque l'ordre de grandeur des températures est raisonnable.

Dans un réacteur nucléaire, les barres ne sont pas isolées dans l'espace, mais entourées d'autres barres et leurs échanges thermiques ne sont pas indépendants.

Chimie.**Quelques réactions sur les ions sulfites**

Certains candidats pouvant ne pas connaître la notation , l'énoncé aurait mieux fait de la définir.

Propriétés acido-basiques

1.1.1.

Le pH étant plus grand que 7,2 , la forme SO_3^{2-} prédomine.

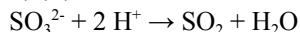
1.1.2.

La réaction prépondérante, dont l'avancement est faible, est : $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HSO}_3^- + \text{OH}^-$; la loi d'équilibre est : .

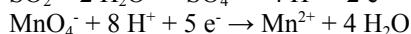
D'où : ; $\text{pH} = 14 - 3,9 = 10,1$;

L'équilibre de la réaction de la première acidité de l'acide sulfureux, dont l'avancement est très faible, s'écrit : . D'où :

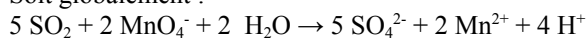
1.2.1.



1.2.2.



Soit globalement :



Le rôle de l'acide chlorhydrique est d'apporter les ions H^+ consommés par la réaction et de maintenir le pH acide, ce qui favorise la réaction.

1.2.3.

Ce dosage est possible, contrairement à ce que demande de montrer l'énoncé. La réaction ne dégage qu'une faible quantité de dioxyde de soufre gazeux (0,001 mole), et ce dégagement ne se produit qu'après l'équivalence de la neutralisation des deux fonctions basiques de l'ion sulfite ; la quantité dégagée étant faible, le titrage n'est que peu toxique pour l'expérimentateur, qui au surplus pourrait le faire sous la hotte. La seconde équivalence s'accompagne d'une chute assez rapide du pH, ce qui permet de la déterminer avec une bonne précision.

Précipitation et complexation.

2.1.

S'il y a beaucoup plus d'ion sulfite que d'ion Ag^+ , tout l'argent est dans le complexe et il n'y a pas de précipité (deuxième expérience).

S'il y a au contraire plus d'ion Ag^+ que d'ion sulfite, tout le sulfite n'est pas dans le complexe et il y a précipité (première expérience).

Cette différence de comportement entre Ag^+ et l'ion sulfite est due à la différence des coefficients stoechiométriques (1 et 2 au lieu de 2 et 1) dans la formation du précipité et du complexe ; le précipité est favorisé si Ag^+ dont le coefficient stoechiométrique dans sa formation est 2, est en excès (première expérience) ; le complexe est favorisé si le sulfite, dont le coefficient stoechiométrique dans sa formation est 2, est en excès (deuxième expérience).

L'ajout d'acide fait disparaître l'ion sulfite, donc détruit le précipité (troisième expérience).

2.2.1.

Négligeons la basicité de l'ion sulfite et la formation de complexe. $[\text{Ag}^+] = 0,1 \text{ mol/L}$; $[\text{SO}_3^{2-}] = K_s/[\text{Ag}^+]^2 = 10^{-13,8}/0,1^2 = 10^{-11,8} \text{ mol/L}$. A cette concentration, extrêmement faible, le pH de l'eau est déterminé par d'autres corps (Ag^+ , impuretés) ou d'autres réactions (basicité du complexe) et ne peut être calculé avec les données de l'énoncé. On ne peut donc déterminer la proportion de SO_3^{2-} et de HSO_3^- , qui dépend de ce que le pH est supérieur ou inférieur à 7,2 ; si on retient la valeur trouvée précédemment pour la concentration en sulfite :

$$\text{donne } [\text{Ag}(\text{SO}_3)_2^{3-}] = 10^{8,7} \times (10^{-13,8})^2 \times 0,1 = 10^{-19,9} \text{ mol/L}$$

La quantité de précipité est $10 \text{ mL} \times 10^{-5} \text{ mol/L} / 2 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$.

2.2.2.

Faisons l'hypothèse que tout l'argent est complexé. , et donnent

Alors donc il n'y a pas de précipité.

Les concentrations en hydrogénosulfite et acide sulfureux sont celles calculées à la question 1.2.2.

2.2.3.

Si on néglige le dégagement de SO_2 (non négligeable en réalité), la forme prépondérante du sulfite est $[\text{H}_2\text{SO}_3] = 10^{-5} \text{ mol/L}$; celle de l'argent est $[\text{Ag}^+] = 0,1 \text{ mol/L}$.

$$\text{donne } [\text{HSO}_3^-] = 10^{-1,8} \times 10^{-5} = 10^{-6,8} \text{ mol/L}$$

$$\text{donne } [\text{SO}_3^{2-}] = 10^{-7,2} \times 10^{-6,8} / 1 = 10^{-14} \text{ mol/L}$$

$$\text{donne } [\text{Ag}(\text{SO}_3)_2^{3-}] = 10^{8,7} \times (10^{-14})^2 \times 0,1 = 10^{-20,3} \text{ mol/L}$$

(pas de précipité).

Propriétés oxydo-réductrices

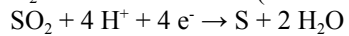
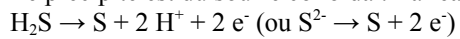
3.1.

Corrigé de ESIM physique II MP-PSI 1998

HCl transforme S^{2-} en H_2S et SO_3^{2-} en SO_2

3.2.

Le précipité est du soufre colloïdal. La réaction résulte de :



Elle a lieu par ce que l'oxydant, SO_2 , a un potentiel, 0,45 volt, plus grand que celui, -0,48 volt, du réducteur S^{2-} . A noter qu'il aurait fallu en réalité connaître le potentiel de S/H_2S et non celui de S/S^{2-} .

3.3.

D'où :

Comme , , d'où :

$= 10^{42}$ (la réaction est bien totale).