

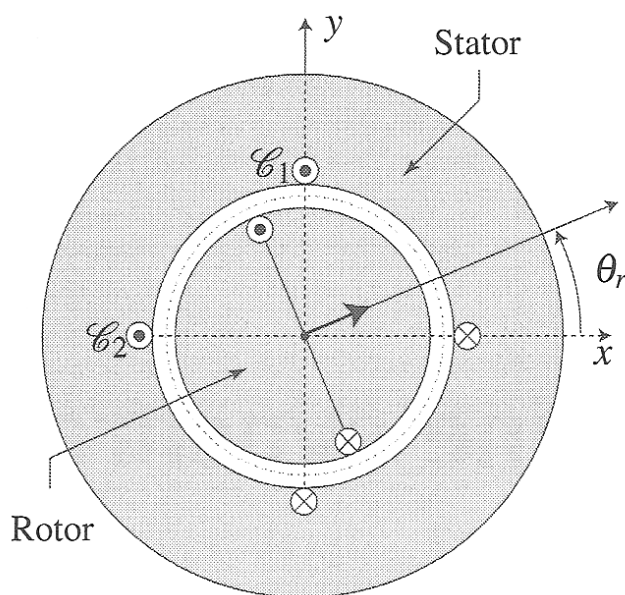
Sujet 1 – corrigé

I Autour de la machine synchrone

Les machines électriques synchrones sont au coeur du fonctionnement des véhicules électriques et de la production d'énergie électrique en centrale. Le rotor et le stator sont constitués de fer et de bobinages.

- 1) Représenter sur un schéma le rotor, le stator, ainsi qu'une encoche de chacun des 3 bobinages présents dans une machine synchrone diphasée. Ces bobinages sont-ils parcourus par des courants continus ou alternatifs ?

Réponse



Les circuits \mathcal{C}_1 et \mathcal{C}_2 liés au stator sont parcourus par des courants alternatifs. Le circuit lié au rotor est parcouru par un courant continu.



Sous l'effet de ces courants, des champs magnétiques glissants sont créés dans l'entrefer par les bobinages liés au rotor et au stator, notés \vec{B}_r et \vec{B}_s .

$$\vec{B}_s = B_{sm} \cos(\theta - \omega t) \vec{e}_r$$

$$\vec{B}_r = B_{rm} \cos(\theta - \Omega t - \alpha_0) \vec{e}_r$$

avec θ l'angle des coordonnées polaires, et $\theta_r = \Omega t + \alpha_0$ l'angle de position du rotor.

- 2) Que représentent ω et Ω ?

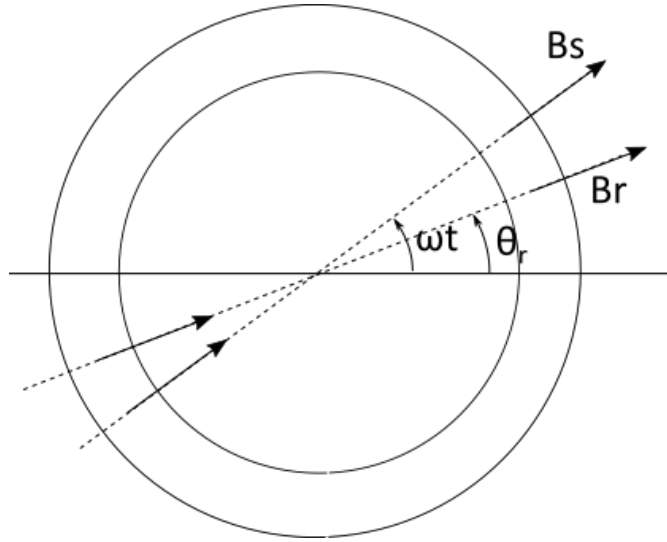
Réponse

ω est la vitesse de rotation du champ magnétique B_s , et Ω est la vitesse de rotation du rotor.



- 3) Représenter sur un schéma, les vecteurs des directions principales des champs rotoriques et statoriques à un instant t quelconque.

Réponse



- 4) Exprimer l'énergie magnétique dans l'entrefer U_{ms} si seul le champ statorique est présent. On introduira le rayon R et l'épaisseur e de l'entrefer, ainsi que la longueur L de la machine.

Réponse

$$U_{ms} = \iiint_{\text{entrefer}} \frac{B_s^2}{2\mu_0} dV = \frac{B_{sm}^2}{2\mu_0} eLR \int_0^{2\pi} \cos^2(\theta - \omega t) d\theta = \frac{B_{sm}^2}{2\mu_0} eLR\pi$$



- 5) Lorsque les deux champs sont présents, exprimer l'énergie magnétique totale U_m comme une somme de trois termes, dont l'un correspond à la présence simultanée des deux champs, terme de couplage. En déduire l'expression du couple électromécanique exercé sur le rotor $C = \frac{\partial U_m}{\partial \theta_r}$.

Réponse

$$U_m = \iiint_{\text{entrefer}} \frac{(B_s + B_r)^2}{2\mu_0} dV = U_{ms} + U_{mr} + U_{\text{couplage}}$$

avec

$$U_{mr} = \iiint_{\text{entrefer}} \frac{B_r^2}{2\mu_0} dV = \frac{B_{rm}^2}{2\mu_0} eLR\pi$$

et

$$U_{\text{couplage}} = 2B_{rm}B_{sm}eLR \int_0^{2\pi} \cos(\theta - \omega t) \cos(\theta - \theta_r) d\theta = 2B_{rm}B_{sm}eLR\pi \cos(\omega t - \theta_r)$$

On en déduit le couple moteur

$$C = 2B_{rm}B_{sm}eLR\pi \sin(\omega t - \theta_r) = C_m \sin((\omega - \Omega)t - \alpha_0)$$



- 6) A quelle condition le couple moyen est-il non nul ? Si cette condition est respectée, à quelle autre condition le fonctionnement de la machine est-il moteur ou génératrice ?

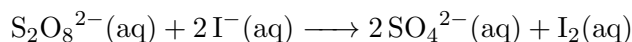
Réponse

Si Ω et ω sont différents, le couple moyen est nul. $\omega = \Omega$ correspond à la condition de synchronisme. Le couple s'écrit alors $C = -C_m \sin \alpha_0$. Si $\alpha_0 > 0$ positif, le couple est résistant. Si $\alpha_0 < 0$, le couple est moteur.



Sujet 2 – corrigé**I | Suivi spectrophotométrique**

On étudie la réaction en solution aqueuse à 25°C :



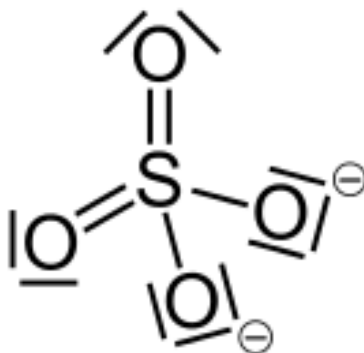
On admet qu'il s'agit d'une réaction totale.

A | Espèces chimiques

- 1) Comment appelle-t-on les ions $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$? En donner une structure de Lewis.

Réponse

Il s'agit des ions sulfate, dont voici une proposition de structure de Lewis.



- 2) Quelle est la couleur du diiode en solution aqueuse ?

Réponse

La couleur du diiode en solution est jaune à brune suivant la concentration. Cela qui rend l'apparition ou la disparition de cette espèce bien visible à l'oeil, ce qui explique qu'elle intervient souvent pour des titrages redox.

**B | Loi de Beer Lambert**

- 3) Qu'appelle-t-on absorbance d'une solution ? Quelle est son unité ? Comment la mesure-t-on ?

Réponse

On éclaire une épaisseur ℓ de cuve contenant une solution aqueuse colorée par une espèce chimique (par exemple le diiode), avec un rayonnement monochromatique. La solution absorbe une partie de l'intensité lumineuse, qui est donc plus faible en sortie qu'en entrée. L'absorbance est définie par $A = \frac{I_e - I_s}{I_e} = 1 - \frac{I_s}{I_e}$. Elle est donc sans dimension. L'absorbance se mesure avec un spectrophotomètre.



- 4) Énoncer la loi de Beer-Lambert. Si on souhaite vérifier cette loi, comment choisit-on habituellement la longueur d'onde de travail ? Pourquoi ? Quelle courbe doit-on tracer au préalable pour déterminer expérimentalement cette longueur d'onde ?

Réponse

La loi de Beer Lambert postule que l'absorbance est proportionnelle à l'épaisseur traversée, et à la concentration d'espèce colorée : $A = \epsilon lc$. ϵ dépend de la longueur d'onde et de l'espèce chimique.

La longueur d'onde de travail est choisie au maximum d'absorbance de la solution, déterminé expérimentalement en traçant l'absorbance en fonction de la longueur d'onde.



- 5) Faire le lien entre cette longueur d'onde et la couleur du diode.

Réponse

Le maximum d'absorption du diode sera obtenu pour une longueur d'onde de couleur complémentaire à sa couleur brune : bleu-violet.



C

 Etude cinétique

On suppose que la réaction étudiée admet un ordre partiel p par rapport aux ions iodure et un ordre partiel q par rapport aux ions peroxydisulfate.

À l'instant $t = 0$, on mélange 25 mL de solution d'iodure de potassium à $0,250 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et 15 mL de solution de peroxydisulfate d'ammonium à $6,25 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- 6) Calculer les concentrations des réactifs juste après le mélange (avant que ne débute la réaction). En déduire à quel ordre partiel on pourra accéder par cette expérience. Donner l'expression de la constante cinétique apparente.

Réponse

$$[\text{I}^-] = \frac{0,25 \times 25}{25 + 15} = 0,16 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] = \frac{6,25 \cdot 10^{-3} \times 15}{25 + 15} = 2,34 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Les ions iodure sont donc largement en excès, leur concentration ne va quasiment pas varier.

La vitesse de réaction s'écrit $v = k [\text{I}^-]^p [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^q = k_{app} [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^q$, C'est donc à l'ordre q que l'on pourra accéder par cette expérience.



On obtient les résultats suivants :

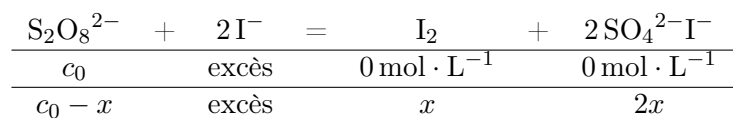
$t(\text{min})$	0	4	8	12	16
A	0	0,349	0,670	0,940	1,178

Après plusieurs heures, l'absorbance se stabilise à la valeur $A_\infty = 2,925$.

- 7) On fait l'hypothèse que la cinétique est d'ordre 1. Quelle fonction de A et A_∞ faut-il porter en fonction du temps pour obtenir une représentation affine ?

Réponse

L'absorbance est donnée par la loi de Beer-Lambert : $A = \epsilon \ell [\text{I}_2]$. Pour relier les concentrations de diode et de peroxydisulfate, on peut faire un tableau d'avancement, en concentrations.



On a donc $v = \frac{dx}{dt} = k_{app}(c_0 - x) \Rightarrow \frac{dx}{dt} + k_{app}x = k_{app}c_0$, dont la solution, avec $x(t) = 0$ est $x(t) = c_0(1 - \exp(-k_{app}t))$.

$$A(t) = \epsilon l c_0(1 - \exp(-k_{app}t)) = A_\infty(1 - \exp(-k_{app}t)) \Rightarrow \ln\left(\frac{A - A_\infty}{A_\infty}\right) = -k_{app}t$$

Il faut donc tracer $\ln\left(\frac{A - A_\infty}{A_\infty}\right)$ en fonction du temps pour valider le modèle d'ordre 1 et déterminer k_{app} .



- 8) Faire le tracé précédent, l'exploiter : vérifier que l'ordre est 1 et déterminer la constante apparente de vitesse.

Réponse

On obtient $k_{app} = 0,032 / \text{min}$.



- 9) Justifier que si on se place initialement dans les proportions stoechiométriques, l'expérience donne accès à l'ordre global de la réaction $p + q$.

Réponse

Dans les proportions stoechiométriques, on a à chaque instant $[\text{I}^-] = 2 [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$, donc $v = 2^p k [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^{p+q}$. Donc, une étude expérimentale peut mener à $p + q$.



- 10) On trouve alors que l'ordre global vaut 2. En déduire les valeurs de p , q et de la constante cinétique réelle k de la réaction.

Réponse

Si $p + q = 2$ et $q = 1$ alors $p = 1$ également. Dans la première expérience, $k_{app} = k [\text{I}^-]^p = k [\text{I}^-] \Rightarrow k = 0,21 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

