

Colle n° 19 : Electromagnétisme 10 - Chimie 1

Exercice 1 - Pression de radiation : Une OPPH, à polarisation rectiligne, se propage dans le vide dans la direction (Ox) , dans le sens des x croissants ($E_0 > 0$) :

$$\vec{E}_i = E_0 e^{j(\omega t - kx)} \vec{e}_y.$$

En $x = 0$, elle arrive sur la surface plane d'un miroir métallique parfaitement conducteur, et donne naissance à une onde réfléchie

$$\vec{E}_r = E_{0,r} e^{j(\omega t + kx)} \vec{e}_y.$$

On donne les relations de passage, avec la charge surfacique σ , $\vec{E}_{\text{metal}} - \vec{E}_{\text{vide}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{e}_x$.

Le champ magnétique vérifie, avec la densité de courant surfacique \vec{j}_s , $\vec{B}_{\text{metal}} - \vec{B}_{\text{vide}} = \mu_0 \vec{j}_s \wedge \vec{e}_x$.

1. Que vaut le champ électromagnétique dans le métal ?
2. Déterminer l'amplitude $E_{0,r}$ du champ électrique réfléchi, ainsi que la charge surfacique σ et le courant surfacique \vec{j}_s à la surface du métal.
3. Déterminer la moyenne du vecteur de Poynting dans le demi-espace $x < 0$.
4. Le champ électromagnétique exerce sur une surface $d\Sigma$ du métal une force élémentaire

$$d\vec{F} = \frac{1}{2} (\sigma \vec{E} + \vec{j}_s \wedge \vec{B}) d\Sigma.$$

- (a) Justifier qualitativement le facteur $1/2$.
- (b) Déduire que le champ exerce sur le miroir une pression p dont on calculera la valeur moyenne en fonction de la densité d'énergie électromagnétique incidente, puis en fonction de la densité totale d'énergie électromagnétique.
- (c) Calculer la valeur moyenne de p pour un laser de puissance moyenne 5 mW et de section droite 0.1 mm^2 . Commenter.

Exercice 2 - Traversée de l'interface atmosphère-ionosphère : On étudie la propagation des ondes radio transverses à l'interface atmosphère-ionosphère supposée plane. L'ionosphère est dans la région $z > 0$ et l'atmosphère dans la région $z < 0$. Le champ incident est $\vec{E}_i = E_0 \exp[j(\omega t - kz)] \vec{e}_x$. Lorsque l'onde arrive sur l'interface, une partie est réfléchie et l'autre partie est transmise. L'indice

de réfraction de la ionosphère vaut $n = \frac{ck}{\omega} = \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}$. La fréquence plasma vaut $f_p = 6.9 \text{ MHz}$. On admet que, dans ces conditions, le champ électromagnétique est continu en $z = 0$.

1. Déterminer les coefficients de réflexion \underline{r} et de transmission \underline{t} en amplitude pour le champ électrique.
2. Calculer les vecteurs de Poynting moyens incidents, réfléchis et transmis. En déduire les coefficients de réflexion R et de transmission T en puissance (correspondant aux rapports des normes des vecteurs de Poynting moyens). Quelle est la relation entre R et T ?
3. Quelle est la valeur de R lorsque $\omega < \omega_p$? Dans ce cas, à quoi peut-on assimiler l'interface atmosphère-ionosphère ?

Exercice 3 - La fusée Ariane 5 : Le décollage de la fusée Ariane 5 est assuré par l'étage d'accélération à poudre (EAP) formé de deux propulseurs à poudre.

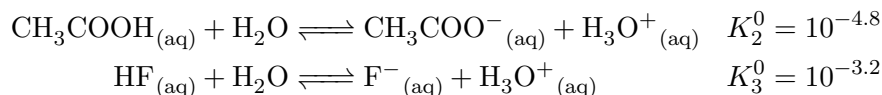
L'étage principal cryotechnique (EPC) permet d'assurer la propulsion de la fusée après son décollage jusqu'à une altitude comprise, selon la mission, entre 130 et 420 km. Il est équipé de deux réservoirs contenant 132 tonnes de dioxygène liquide et 26 tonnes de dihydrogène liquide, qui vont réagir totalement pour former de l'eau en alimentant un moteur Vulcain. Le réactif en excès permet de refroidir le moteur.

1. Déterminer les quantités de réactifs présents initialement dans l'étage principal cryotechnique.
2. Écrire l'équation de la réaction entre le dioxygène et le dihydrogène.
3. À l'aide d'un tableau d'avancement, déterminer le réactif en excès et la masse en excès.
4. Calculer la masse d'eau éjectée.

Exercice 4 - Réactions en solution aqueuse : On s'intéresse à une solution aqueuse obtenue à 298 K par mélange de 100 mL d'acide éthanöique CH_3COOH (concentration initiale $c_1 = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) et de 100 mL d'ions fluorure F^- (concentration initiale $c_2 = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$). La réaction susceptible de se produire s'écrit :

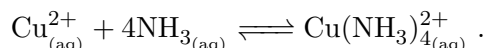


On donne les constantes d'équilibres K_2^0 et K_3^0 relatives aux équilibres suivants à 298 K :



- Exprimer la constante d'équilibre notée K_1^0 relative au premier équilibre en fonction des concentrations à l'équilibre puis en fonction de K_2^0 et K_3^0 .
- Déterminer la composition du mélange (réaction 1) à l'état d'équilibre.

Exercice 5 - Équilibre de complexation : On considère à 298 K un bécher contenant 20 mL d'ammoniac de concentration $c = 1.0 \text{ mol/L}$ dans lequel on ajoute 30 mL d'une solution d'ion Cu^{2+} à la concentration $c_1 = 0.010 \text{ mol/L}$. La constante d'équilibre est $K(298 \text{ K}) = 4.0 \times 10^{12}$. L'équation bilan de la réaction est :



$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ appartient à une classe d'édifices atomiques particuliers nommés « complexes ».

- Écrire la constante d'équilibre de la réaction.
- On suppose la réaction quasi-totale. Donner une expression approchée de K .
- En déduire la quantité de matière restante en Cu^{2+} . L'hypothèse précédente est-elle valide ?
- Donner toutes les concentrations à l'équilibre.

Exercice 6 - Les couples du CO_2 :

- Écrire les équilibres liant les espèces de couples $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ et $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$.
- Exprimer les constantes d'acidités associées aux deux couples en fonction des concentrations.
- Préciser sur un axe gradué en pH les domaines de prédominance des différentes espèces.
- Écrire la réaction entre H_2CO_3 et l'eau pour produire CO_3^{2-} . Quelle est la valeur de la constante d'équilibre ?
- Déterminer l'espèce majoritaire dans les trois solutions suivantes S1, S2 et S3 caractérisées par :
 - $\text{pH}(S1) = 3.20$.
 - $[\text{H}_3\text{O}^+]_{S2} = 2.5 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$.
 - $[\text{HO}^-]_{S3} = 5.2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$.

Données : $\text{p}K_{A1} = 6.4$; $\text{p}K_{A2} = 10.3$.

Exercice 7 - Diagramme de distribution de l'ammoniac : Le diagramme de distribution des espèces acide et basique du couple ion ammonium/ammoniac $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ est représenté ci-dessous.

- Identifier l'espèce chimique correspondant à chacune des 2 courbes.
- Préciser pour quelle valeur du pH on a la relation : $[\text{NH}_4^+] = [\text{NH}_3]$.
- En déduire le $\text{p}K_A$ puis le K_A du couple $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$.

