Sujet IX :

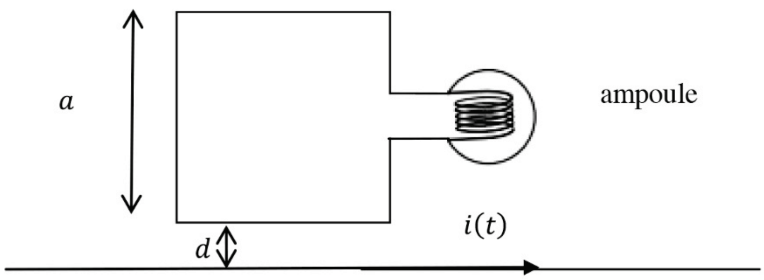
9a - Ligne haute-tension

Une ligne haute tension assimilable à un fil droit infini selon (Oz) transporte un courant sinusoïdal i(t) de fréquence f=50Hz et de valeur efficace I=1000A. On approche de cette ligne HT une bobine plate de N spires carrées de côté a=30cm à une distance d=2cm. Cette bobine d'inductance propre et de résistances négligeables est fermée sur une ampoule qui s'éclaire si la tension efficace E à ses bornes est supérieure à 1,5V. On utilisera les coordonnées cylindriques (r, θ, z) et de base $(\overrightarrow{u_r}, \overrightarrow{u_\theta}, \overrightarrow{u_z})$. On se trouve ici dans l'ARQS.

1°) Donner la définition et la validité de l'ARQS. Justifier ici le choix de l'ARQS. Donner, en la justifiant, l'expression des équations de Maxwell dans l'ARQS.

2°) Déterminer en coordonnées cylindriques le champ magnétique $\vec{B}(r)$ créé dans tout l'espace par cette ligne HT.

3°) Déterminer le flux magnétique total crée par cette ligne HT à travers la bobine plate.



4°) En déduire le nombre de spires N nécessaires pour que l'ampoule puisse s'éclairer. Faire l'application numérique.

5°) On assimile maintenant l'ampoule à une résistance r=10Ω en série avec une inductance propre L=10mH. Calculer alors la valeur efficace I' de i'(t) dans la bobine plate lorsque E=1,5V et le déphasage ϕ' entre i'(t) et i(t) en régime sinusoïdal forcé. Faire les applications numériques.

9b - Réfrigérateur

On considère un réfrigérateur qui reçoit un travail W et un transfert thermique Q_1 de la part de la source à la température T_1 et cède le transfert thermique Q_2 à la source de température T_2.

1°) Calculer l'efficacité ε du réfrigérateur pour une évolution réversible.

2°) Calculer l'efficacité réelle ε' sachant que :

$$\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)_{réel} = k\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)_{réversible}$$

3°) AN : $T_1 = 3°C, T_2 = 20°C\ et\ k = 1{,}1$. Conclure.

Sujet X :

10a - Conduites cylindriques

On considère une conduite cylindrique métallique de rayon R, de section σ, de longueur L et de conductivité thermique λ. La température à l'extrémité initiale, en x=0, est donnée par $T(x=0) = T_1 > 333K$. Partout ailleurs, à l'extérieur du cylindre, il règne une température T_e. On note $dP = h(T - T_e)dx$ la puissance cédée à l'extérieur par l'élément de cylindre de longueur dx et de section σ.

1°) Démontrez l'équation différentielle vérifiée par T(x).

2°) Dans le cas où L est très grand, donner l'expression de T(x). A partir de quelle longueur peut-on considérer L comme grand ?

3°) On prend deux conduites cylindriques, l'une en cuivre (λ_{Cu}) et l'autre en étain (λ_{Sn}), avec les mêmes caractéristiques géométriques. On les recouvre de paraffine, qui fond à 60°C. Sur le tube en cuivre, la paraffine fond jusqu'à x_1 et pour l'étain jusqu'à x_2. Déterminer λ_{Sn} en fonction de $\lambda_{Cu}, x_1\ et\ x_2$.

A.N : $x_1 = 30cm, x_2 = 12{,}4cm\ et\ \lambda_{Cu} = 390Wm^{-1}K^{-1}$.

4°) Calculer la puissance dissipée par deux méthodes différentes.

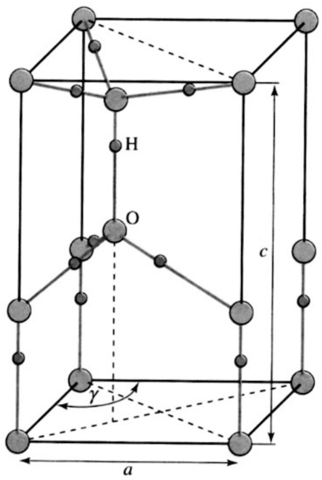
10b - Eau lourde

- Expliquer le phénomène observé sur la photographie 1.

Photographie 1

Photographie 2 : Iceberg dans de l'eau de mer.

On donne la structure de la glace ordinaire : la maille est du type « hexagonal » à base losange avec : $a = 452\ pm$ et $\frac{c}{a} = 1{,}63$.



-

Sujet XI :

11a - Potentiel de Yukawa

Dans l'espace rapporté à un repère galiléen $R_g(0, \overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_y}, \overrightarrow{e_z})$ règne un champ électrique dérivant du potentiel appelé potentiel de Yukawa exprimé en coordonnées sphériques par : $V(r) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^{-\frac{r}{a}}}{r}$

1°) Quel est le champ électrique associé à ce potentiel

2°) Exprimer le flux de ce champ électrique à travers une sphère de rayon r et en déduire deux renseignements sur la distribution de charge en faisant tendre r vers zéro et r vers l'infini.

3°) Déterminer la densité volumique de charges. Représenter la courbe $\rho(r)$.

4°) On définit la charge surfacique de la couronne sphérique par $\sigma(r) = \frac{dQ}{dr}$ où dQ est la charge contenue dans la couronne sphérique de largeur dr. Pour quelle valeur de r, la charge surfacique est-elle extrêmale ?

5°) Justifier que l'on peut qualifier le potentiel de Yukawa de potentiel Coulombien avec écran. Quel objet physique peut-être modélisé par cette distribution de charge.

6°) Un modèle équivalent existe-t-il en mécanique gravitationnelle.

11b - Dismutation des ions hypochlorites

A température suffisamment élevée, les ions hypochlorite CIO^- peuvent se dismuter selon la réaction totale :

$$ClO^- \rightarrow \frac{1}{3}Cl0_3^- + \frac{2}{3}Cl^-$$

La vitesse de disparition des ions ClO^- suit une loi cinétique de second ordre par rapport à ClO^-.

1°) Écrire l'équation de vitesse correspondant à la réaction. Exprimer l'évolution, en fonction du temps, de la concentration des ions CIO- dans une solution où l'on provoque cette réaction.

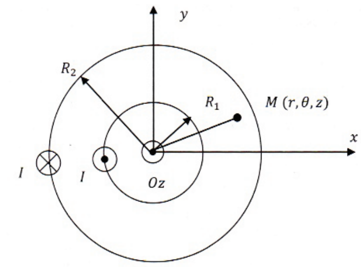
2°) On dispose, à l'instant t=0, d'une solution contenant des ions CIO- à la concentration de 0,10 mol/L.

a) Cette solution est portée à la température de 343 K pour laquelle la constante de vitesse de la réaction est : $k=3{,}1.10^{-3}mol^{-1}Ls^{-1}$. Au bout de combien de temps aura-t-on obtenu la disparition de 30 % des ions CIO-?

b) L'énergie d'activation de la réaction vaut 47kJ/mol. Quel serait, à 363 K, le temps nécessaire pour obtenir un même taux d'avancement (30 %), à partir de la même solution initiale ?

Sujet XII :

12a - Câble coaxial



Un câble coaxial est constitué de deux cylindres métalliques d'axe Oz, de rayons R_1 et R_2. Entre les deux conducteurs, on considère que le milieu a les propriétés électromagnétiques du vide. Les cylindres sont parcourus par des courants répartis de façon uniforme et en sens inverse l'un de l'autre : $I = I_0\cos(\omega t - kz)$

Il existe alors dans tout l'espace un champ électromagnétique de la forme suivante : $\begin{cases}\vec{B} = B(r,\theta,z,t)\overrightarrow{e_\theta} \\ \vec{E} = B(r,\theta,z,t)\overrightarrow{e_r}\end{cases}$

1°) En utilisant le théorème d'Ampère, déterminer l'expression du champ magnétique $\vec{B}$ dans les trois régions de l'espace. Pour cette question, on se placera dans l'ARQS.

2°) En utilisant l'équation de Maxwell-Faraday, trouver une relation entre $\frac{\partial B}{\partial t}$ et $\frac{\partial E}{\partial z}$. En déduire l'expression de $\vec{E}$.

3°) Déterminer la relation de dispersion $k(\omega)$.

Données :

$$\overrightarrow{rot}\,\vec{A} = \begin{pmatrix} \frac{1}{r}\frac{\partial A_z}{\partial \theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial z} \\ \frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r} \\ \frac{1}{r}\left(\frac{\partial (rA_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial A_r}{\partial \theta}\right) \end{pmatrix}$$

4°) Déterminer le vecteur de Poynting et en déduire la direction de propagation de l'énergie. Calculer le flux du vecteur de Poynting à travers une section droite du câble.

5°) Déterminer l'énergie volumique et en déduire la vitesse de propagation de l'énergie.

12b - La Pile

On considère la pile schématisée par : ① Pt $|Hg^{2+}, Hg_2^{2+}\,\vdots\vdots\,Sn^{4+}, Sn^{2+}|$ Pt ② avec :

$[Hg^{2+}]_0$=1,0mol/L ; $[Hg_2^{2+}]_0$=1,0 mol/L ; $[Sn^{4+}]_0$=1,0.10^{-2}mol/L et $[Sn^{2+}]_0$=1,0.mol/L.

Les solutions des deux compartiments ont le même volume V=50,0mL.

1°) Déterminer le potentiel initial de chacune des électrodes ; en déduire la polarité de la pile et l'équation-bilan de sa réaction de fonctionnement.

2°) Déterminer la composition de la pile lorsqu'elle ne débite plus et la quantité d'électricité qui a traversé le circuit.

Données : $E^0(Hg^{2+}/Hg_2^{2+})$=0,97V et $E^0(Sn^{4+}/Sn^{2+})$=0,15V.