❏ 1 – Ordres de grandeur de puissances surfaciques

1. La puissance surfacique émise par le Soleil de température de surface T_S est $\mathcal{P}_{S,\text{ surf}} = \sigma T_S^4$.

   (a) Calculer la puissance émise par le Soleil.

   (b) Calculer la puissance surfacique solaire au niveau de la Terre.

   (c) Comparer les puissances surfaciques solaires au niveau de la Terre, de Vénus, de Mars et de Jupiter.

2. Un laser hélium-néon de classe 2 délivre une puissance maximale de 1 mW et sa section est de l'ordre du mm^2.

   Calculer la puissance surfacique en un point du faisceau.

3. Sur le site `http://www.cartoradio.fr/`, on trouve les mesures d'exposition aux ondes radios. La mesure effectuée le 13 mai 2014 au 105 rue Jules Lesven à Brest montre un niveau global d'exposition de $0,46\ \text{V}\cdot\text{m}^{-1}$ à 140 m de l'émetteur.

   (a) À quelle grandeur physique correspond ce niveau global d'exposition ?

   (b) On suppose le champ électromagnétique émis fonction sinusoïdale du temps, se propageant selon la direction et le sens donné par un vecteur unitaire $\vec{n}$. Le champ électrique $\vec{E}$ est orthogonal à $\vec{n}$ et $\vec{B} = \dfrac{\vec{n}\wedge\vec{E}}{c}$.

   Exprimer le vecteur de Poyting $\vec{R}$ en fonction de $\vec{E}$, $\vec{n}$, ε_0 et c et en déduire la puissance électromagnétique moyenne surfacique au lieu des mesures.

4. L'amplitude du champ électrique émis par un téléphone portable est de l'ordre de $30\ \text{V}\cdot\text{m}^{-1}$ à proximité immédiate de l'appareil. Les caractéristiques du champ électromagnétique sont les mêmes que précédemment.

   Calculer la puissance surfacique moyenne transportée par le champ électromagnétique.

Données

Constante de Stefan	$\sigma = 5,67\times10^{-8}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$
Température de surface du Soleil	$T_S = 5,8\times10^3\ \text{K}$
Rayon du Soleil	$R_S = 7,0\times10^5\ \text{km}$
Distance Terre-Soleil	$d_{TS} = 1,5\times10^8\ \text{km} = 1\ \text{U.A.}$
Distance Vénus-Soleil	$d_{VS} = 0,72\ \text{U.A.}$
Distance Mars-Soleil	$d_{MS} = 1,6\ \text{U.A.}$
Distance Jupiter-Soleil	$d_{MS} = 5,2\ \text{U.A.}$

❏ 2 – Résistances électriques (diverses géométries)

La résistance électrique d'un conducteur ohmique cylindrique d'axe Oz, de conductivité γ, de section constante S, de longueur L dans la direction Oz, parcouru par un courant électrique dans la direction Oz est

$$R = \frac{1}{\gamma}\frac{L}{S}$$

1. Exprimer la résistance électrique d'une coquille sphérique ohmique de rayon intérieur R_1 et de rayon extérieur R_2, parcourue par un courant électrique radial.

2. Exprimer la résistance électrique d'un conducteur cylindrique creux, d'axe Oz, de rayon intérieur R_1, de rayon extérieur R_2 et de hauteur H, lorsqu'il est parcouru par un courant

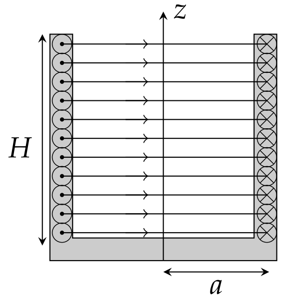
   (a) axial : $\vec{j} = j_0\vec{e}_z$ pour $R_1 < r < R_2$ et nul ailleurs ;

   (b) radial : $\vec{j} = j(r)\vec{e}_r$ pour $R_1 < r < R_2$ et nul ailleurs.

❏ 3 – Four à induction – d'après écrit de concours

Quelques articles ou vidéos

- `https://fr.wikipedia.org/wiki/Four_%C3%A0_induction` Four à induction (wikipedia)
- `https://youtu.be/OHdbKKvOiWU` 3 kilowatt Induction heater melting zinc metal



Un four à induction est constitué d'un solénoïde cylindrique de longueur H, comportant N spires jointives, coaxiales, d'axe (Oz) et de rayon a, noyées dans une matrice réfractaire.
Un courant électrique d'intensité $i(t) = I_m \cos(\omega t)$ circule dans chaque spire.
Un point M de l'espace sera repéré par ses coordonnées cylindriques (r, θ, z) dans la base $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z)$.

1. La fréquence temporelle du courant électrique circulant dans les spires est $f = 4,0$ kHz. Le solénoïde a un rayon $a = 15$ cm et une hauteur $H = 1,0$ m. L'approximation des régimes quasi-stationnaires est-elle valide ?
2. On supposera $a \ll H$ et on admettra que le champ magnétique est nul pour $r > a$. Montrer que le champ magnétique à l'intérieur du cylindre $(r < a)$ s'écrit sous la forme
$$\vec{B} = KI_m \cos(\omega t)\,\vec{e}_z$$

On glisse à l'intérieur du solénoïde un matériau cylindrique non ferreux que l'on souhaite fondre ; ce matériau est un conducteur électrique ohmique de conductivité γ. Son rayon est également a et sa hauteur $h < H$ afin de le placer loin des faces terminales du solénoïde.

3. Expliquer qualitativement pourquoi des courants électriques apparaissent dans le matériau conducteur.

Dans la suite, nous négligerons le champ magnétique induit de sorte que le champ magnétique qui règne dans le matériau est
$$\vec{B} = KI_m \cos(\omega t)\,\vec{e}_z$$
.

4. Montrer qu'il existe un champ électrique en M de la forme
$$\vec{E}(M,t) = E(r,t)\,\vec{e}_\theta$$
dont on précisera $E(r,t)$.
5. En déduire l'expression de la densité de courant volumique $\vec{j}(M,t)$ au point M.
6. Après avoir rappelé la densité volumique de puissance p_v cédée à la matière, exprimer successivement
   (a) la puissance instantanée totale $\mathcal{P}(t)$ transférée au matériau ;
   (b) la puissance moyenne $\mathcal{P}_{moy}$ transférée au matériau.
7. On évalue les fuites énergétiques par rayonnement à $\eta = 15\%$ de l'énergie requise pour la fusion. La matériau est initialement à la température $T_0 = 290$ K. On le supposera isotherme à tout instant.
   (a) Exprimer la durée τ_1 nécessaire pour que le matériau atteigne sa température de fusion T_f ;
   (b) Exprimer la durée τ_2 de la fusion totale à la température T_f.

   On donne
   - Le matériau à fondre est un barreau cylindre d'or de masse volumique $\mu = 19,3 \times 10^3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$, de rayon $a = 15$ cm et de hauteur $h = 50$ cm.
   - La température de fusion de l'or est $T_f = 1337$ K.
   - La capacité thermique massique de l'or solide est $c_p^o = 128\ \mathrm{J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}}$
   - L'enthalpie massique de fusion de l'or est : $\Delta_{fus}h^o = 63,7 \times 10^3\ \mathrm{J \cdot kg^{-1}}$
   - $f = 4,0$ kHz ; $I_m = 10$ A ; $K = 1,0 \times 10^{-4}\ \mathrm{T \cdot A^{-1}}$; $\gamma_{\text{or}} = 4,5 \times 10^7\ \mathrm{S \cdot m^{-1}}$
8. Calculer les deux durées τ_1 et τ_2.
9. Expliquer qualitativement pourquoi le champ magnétique créé par les courants induits dans le matériau est maximal sur l'axe du cylindre.
10. Évaluer ce champ magnétique maximal. Est-il vraiment négligeable devant le champ créé par le solénoïde ?