Le fil conducteur est de section cylindrique de rayon a et d'axe Oz. La densité volumique de courant est non uniforme et pour une différence de potentielle harmonique de pulsation ω aux bornes du fil, on peut écrire $\underline{\overrightarrow{j}} = \underline{j}(r).e^{i\omega t}.\overrightarrow{e_z}$.

On se place dans l'ARQS, de sorte que $\underline{\overrightarrow{j}}(r,z,t) \simeq \underline{\overrightarrow{j}}(r,t)$ comme le suggère la relation précédente, et la conductivité électrique γ est réelle.

1. Donner l'expression du champ électrique $\underline{\overrightarrow{E}}$
2. Déterminer l'équation vérifiée par $\underline{\overrightarrow{E}}$ d'une part et $\underline{\overrightarrow{j}}$ d'autre part.
3. On propose la forme de la solution $\underline{j}(r) = j_0.e^{(1+i)\frac{r-a}{\delta}}$. Déterminer l'expression de δ dans l'hypothèse où $r \gg \delta$, en fonction de μ_0, ω et γ.
4. En déduire l'expression de $\overrightarrow{j}$ et donner l'allure de l'amplitude J_a de j.
5. Évaluer les sections du conducteur où il y a passage du courant pour les fréquences $f_1 = 50\ Hz$ et $f_2 = 100\ MHz$. Comparer alors les résistances R_1 et R_2 du fil associées à ces deux fréquences.
6. Quelle solution pouvez-vous proposer afin de limiter les pertes par effet Joule à haute fréquence ?

Donnée : $\Delta\underline{j}(r) = \frac{1}{r}.\frac{d}{dr}\left(r.\frac{d\underline{j}}{dr}\right)$