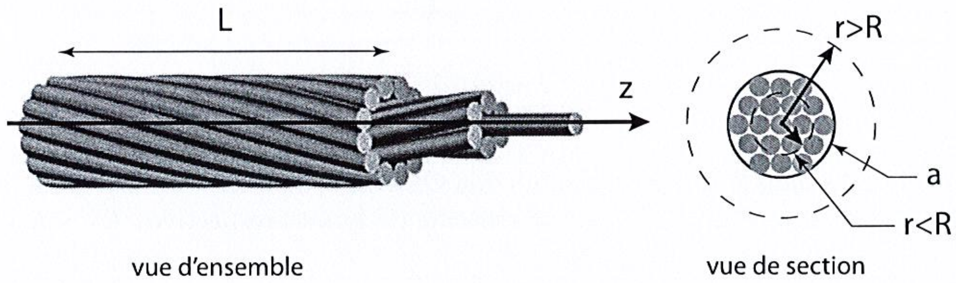
Année 2022-2023
12 décembre 2022

EPREUVE :
Electromagnétisme - Phys3A

Durée : 2h00 — Documents et calculatrice non autorisés

I Magnétostatique : Câble multiconducteur



Un câble électrique cylindrique multiconducteurs est constitué de l'assemblée d'un grand nombre de brins en cuivre (voir schéma). Afin de traiter les questions suivantes, on considéra que les brins sont tous **parallèles** à la génératrice du câble orienté suivant l'axe $\vec{u}_z$. D'autre part, sachant que le diamètre ρ d'un brin est bien inférieur au diamètre R du conducteur, on décrira le câble par son nombre de brins N par unité de surface. Chaque brin est parcouru par le courant i, sachant que le courant total du câble est noté I.

1. Énoncer le théorème d'Ampère.
2. Donner les invariances du système.
3. Déterminer les plans de symétrie et d'anti-symétrie.
4. En déduire l'orientation du champ magnétique $\vec{B}$ et sa dépendance par rapport aux coordonnées cylindriques (r,θ,z). Justifier.
5. Déterminer le champ $\vec{B}$ à l'extérieur du câble électrique à une distance $r > R$ (voir schéma). On précisera le choix du contour d'Ampère.
6. Exprimer le courant i en fonction du I, R et N.
7. En déduire le champ $\vec{B}$ à l'intérieur du câble à une distance $r < R$.

II Electromagnétisme : Cavité optique

Deux conducteurs parfaits constituent les miroirs plans $M1$ et $M2$ d'une cavité linéaire.

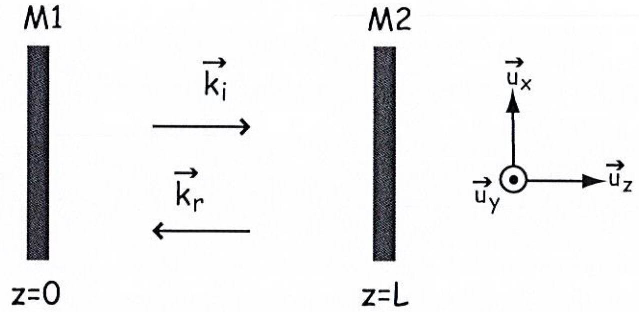


FIGURE 1 –

Cette cavité est le siège d'une onde électromagnétique plane, monochromatique et polarisée rectilignement, se propageant dans le vide selon la direction Oz orthogonale aux miroirs. Au niveau de chacun des miroirs on considère une onde incidente et réfléchie de formes respectives $\vec{E}_i = E_{i_0} e^{i(\omega t - k_i z)} \vec{u_x}$ et $\vec{E}_r = E_{r_0} e^{i(\omega t - k_r z)} \vec{u_x}$.

1. Ecrire les quatre équations de Maxwell vérifiées par le champ électromagnétique dans la cavité.
2. Exprimer k_i et k_r en fonction de $k = \omega/c$.
3. Sachant que le champ électrique est nul dans les conducteurs parfait, appliquer les relations de passage à la surface des miroirs et déduire les équations auxquelles satisfont $\vec{E}_i$ et $\vec{E}_r$ aux interfaces $z = 0$ et $z = L$.
4. Déduire des deux équations précédentes la relation reliant E_{i_0} à E_{r_0} ainsi que l'expression de k en fonction de L.
5. Donner l'expression du champ total $\vec{E}_T = \vec{E}_i + \vec{E}_r$. Quelle est la nature de cette onde ?
6. Pour une longueur L donnée, montrer qu'il n'existe que certaines fréquences ν (modes de la cavité) qui peuvent se propager à l'intérieur de la cavité. Donner l'expression de ces fréquences en fonction de L.