

ELECTROMAGNETISME

EXAMEN 2^{ème} Session

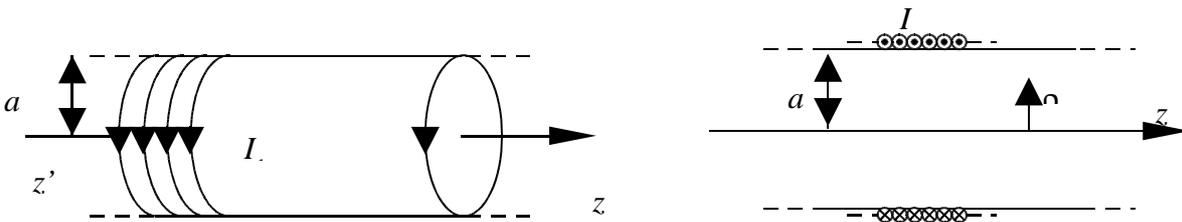
Durée : 2 h

I. Questions de cours

1. Enoncer la loi de Faraday (concernant une f.é.m induite dans un circuit matériel).
2. Définir l'inductance propre d'un circuit filiforme.

II. Inductance propre d'un solénoïde

Une bobine S d'axe $z'z$, de longueur l et de rayon a , comporte n spires par unité de longueur, d'épaisseur négligeable. Ses dimensions ($l \gg a$) sont telles que l'on pourra utiliser l'approximation du solénoïde infini. La bobine est parcourue par un courant stationnaire d'intensité $I > 0$, comptée le long du bobinage orienté dans le sens direct autour de Oz. **On admettra** que le champ magnétique est nul en tout point extérieur au solénoïde et que le champ magnétique à l'intérieur peut s'écrire $\mathbf{B} = B_z(\rho)\mathbf{e}_z$.



1. En appliquant le théorème d'Ampère à un contour judicieusement choisi, démontrer **rapidement** que le champ magnétique créé par le solénoïde en un point $M(\rho, \varphi, z)$ a pour valeur $\mu_0 n I$ pour $\rho \leq a$. Le champ est donc uniforme à l'intérieur du solénoïde.
2. Calculer le flux Φ_{sp} de \mathbf{B} à travers une des spires de la bobine. Donner alors une expression pour le flux propre Φ_p de la bobine.
3. Dédire de Φ_p l'expression du coefficient d'inductance propre L de la bobine S en fonction de n, l, a et de la permittivité magnétique du vide μ_0 .

III. Energie magnétique propre d'un solénoïde

Le solénoïde de longueur l et de rayon a ($l \gg a$) comporte n spires par unité de longueur parcourues par un courant stationnaire d'intensité I .

1. Calculer son énergie magnétique ξ_m propre à partir de la densité volumique d'énergie.
2. Retrouver l'expression du coefficient d'inductance propre L du solénoïde. .../...

VI. Réflexion normale sur un conducteur plan parfait

Dans un référentiel orthonormé Oxyz, l'espace correspondant à $z > 0$ est occupé par un conducteur parfait. Dans l'espace vide correspondant à $z < 0$, une onde incidente, plane, progressive, monochromatique de pulsation ω et de vecteur d'onde $\mathbf{k}_i = k \mathbf{e}_z$ ($k > 0$) est caractérisée par son champ électrique complexe : $\underline{\mathbf{E}}_i = E_0 \exp i(kz - \omega t) \mathbf{e}_x$ où E_0 est réel. On admet que l'onde réfléchie est plane, progressive et monochromatique de pulsation ω et que le champ électrique complexe associé est : $\underline{\mathbf{E}}_r = \underline{\mathbf{E}}_{r,0} \exp i(-kz - \omega t)$ où $\underline{\mathbf{E}}_{r,0}$ est parallèle au plan $z = 0$.

1. Ecrire l'équation de continuité du champ électrique à la surface du conducteur. En déduire l'expression de $\underline{\mathbf{E}}_{r,0}$ dans la base $(\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z)$.
2. En déduire le champ électrique $\underline{\mathbf{E}}$ en un point $M(x,y,z)$, résultant de la superposition des ondes incidente et réfléchie. Donner les composantes de $\underline{\mathbf{E}}$.
3. Calculer $\underline{\mathbf{B}}$ associé à $\underline{\mathbf{E}}$ en un point $M(x,y,z)$. Donner les composantes de $\underline{\mathbf{B}}$.
4. Calculer le vecteur de Poynting et sa valeur moyenne sur une période $\langle \mathbf{R} \rangle_T$.
5. Représenter en $z = 0$ et à un instant donné les vecteurs $\underline{\mathbf{E}}_i, \underline{\mathbf{E}}_r, \underline{\mathbf{B}}_i, \underline{\mathbf{B}}_r$, et les vecteurs \mathbf{k} des ondes incidente et réfléchie \mathbf{k}_i et \mathbf{k}_r . Représenter à un instant donné les composantes de $\underline{\mathbf{E}}$ et $\underline{\mathbf{B}}$ en fonction de z dans l'intervalle $[-\lambda, 0]$ où λ est la longueur d'onde. Préciser dans chaque cas la position des nœuds et des ventres.
6. Calculer le courant \mathbf{J}_S à la surface du conducteur.