

Contrôle continu n° 2

Aucun document ni calculatrice ne sont autorisés.

Durée de l'épreuve : 1h

Le sujet comprend deux pages au total.

Questions de cours

(4 points)

- (1) Donnez les expressions générales des équations de Maxwell (sous leur forme locale).
- (2) En déduire la relation de continuité qui exprime la conservation de la charge.
- (3) Donnez les expressions des équations de Maxwell dans la matière (sous forme locale). On précisera les relations constitutives.
- (4) Donnez la définition du vecteur de Poynting. Quelle est, en *une* phrase, sa signification physique ?

Exercice 1

(6 points)

- (1) On considère un fil rectiligne infiniment mince et de longueur infinie dans lequel circule un courant stationnaire I_1 . En utilisant les symétries, calculez le champ magnétique à une distance r perpendiculaire au fil.
- (2) On place maintenant un deuxième fil rectiligne infiniment mince et de longueur infinie parallèlement à une distance d du premier, dans lequel un courant I_2 circule en sens *inverse* à I_1 . Déterminez la force par unité de longueur que le premier fil exerce sur le second. Cette force est-elle attractive ou répulsive ?

Exercice 2

(10 points)

On considère un solénoïde de forme cylindrique orienté selon l'axe z , de rayon a , comportant n spires par unité de longueur. L'intérieur du solénoïde est constitué d'un matériau paramagnétique linéaire de susceptibilité χ_m . On supposera que le solénoïde est infiniment long, de telle sorte que l'on puisse négliger les effets de bords. On supposera dans un premier temps que le solénoïde est parcouru par un courant stationnaire I_0 .

- (1) Quel est le signe de χ_m .
- (2) Déterminez, en utilisant les symétries, le champ magnétique $\mathbf{B}(\mathbf{r})$ dans tout l'espace.

On enlève à présent le matériau paramagnétique de l'intérieur du solénoïde.

- (3) Que devient l'expression de $\mathbf{B}(\mathbf{r})$ que vous avez déterminé à la question (2) ?
- (4) En déduire l'énergie W emmagasinée sur une portion de longueur ℓ du solénoïde.
- (5) En déduire l'inductance propre par unité de longueur.

Le solénoïde est à présent entouré par une boucle carrée de côté $b (> a)$ et de résistance R . Le centre de la boucle et l'axe du cylindre du solénoïde coïncide, et le plan défini par la boucle est perpendiculaire à l'axe z . À un certain instant t_0 , on coupe le courant dans le solénoïde.

On supposera que le courant $I(t)$ diminue alors exponentiellement, c'est-à-dire que pour tout instant $t \geq t_0$, on a

$$I(t) = I_0 e^{-(t-t_0)/\tau},$$

avec τ le temps typique sur lequel le courant tombe à zéro. Dans ce qui suit, on se placera dans l'approximation des régimes quasi-stationnaires.

- (6) Déterminez la force électromotrice \mathcal{E} induite dans la boucle carrée. Représentez $\mathcal{E}(t)$ pour tout instant t .
- (7) En déduire le courant induit dans la boucle. Quelle est la direction du courant induit ?
Justifiez votre réponse !

Bon courage !