

Électromagnétisme – contrôle continu 1

Lundi 5 novembre 2012

Pas de documents - calculatrices *collège* autorisées - durée 1h30

Les vecteurs sont notés en **gras** et les autres grandeurs en *italique*. Le candidat veillera à écrire lisiblement, soigner la rédaction de sa copie, faire des schémas clairs, mentionner le nom des théorèmes et lois utilisés, définir les grandeurs introduites et préciser leur unité.

A - Force électrostatique

1. Donner pour une charge ponctuelle q_1 placée en O l'expression du flux électrique sortant à travers une surface sphérique centrée sur O et de rayon r en fonction de l'amplitude $E_1(r)$ du champ électrique émis par la charge, de la permittivité de l'air ϵ_0 et du rayon r .
2. Énoncer le théorème de Gauss.
3. En déduire l'expression du champ électrique \mathbf{E}_1 produit par la charge q_1 pour $r > 0$.
4. Donner l'expression de l'amplitude F de la force de Coulomb exercée par la charge q_1 sur une charge ponctuelle q_2 placée à une distance r de O .
5. Retrouver l'expression de F en dérivant l'énergie potentielle $\mathcal{E} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$:

$$F = -\frac{d\mathcal{E}}{dr} \quad (1)$$

6. Donner en fonction de la distance r l'expression de l'énergie potentielle \mathcal{E}' associée à un dipôle électrostatique de vecteur moment dipolaire \mathbf{p}_2 rigide plongé dans le champ électrique \mathbf{E}_1 .
7. Pour quelle orientation le dipôle minimise-t-il son énergie potentielle ?
8. Déterminer pour cette orientation et avec la formule (1) l'amplitude F' de la force qui s'exerce sur le dipôle.
9. Toujours pour cette orientation, le dipôle \mathbf{p}_2 est-il attiré ou repoussé par la charge q_1 ?
10. Le vecteur moment dipolaire \mathbf{p}_2 est maintenant induit par le champ électrique \mathbf{E}_1 avec une susceptibilité $\alpha_2 > 0$ constante suivant la formule $\mathbf{p}_2 = \epsilon_0 \alpha_2 \mathbf{E}_1$. Donner en fonction de la distance r l'expression de l'énergie potentielle du dipôle induit dans le champ \mathbf{E}_1 .

11. Déterminer avec la formule (1) l'amplitude F'' de la force qui s'exerce sur le dipôle induit.
12. Le dipôle induit est-il attiré ou repoussé par la charge q_1 ?
13. Comparer la portée des trois forces d'amplitudes F , F' et F'' .

B - Bobine longue

On considère une bobine comprenant N spires régulièrement enroulées sur un cylindre creux de rayon a et de longueur ℓ .

1. L'approximation du solénoïde infini est-elle valable pour cette bobine ? Justifier votre réponse.
2. Donner dans le cadre de cette approximation et pour une intensité dans les fils notée I , l'amplitude B et la direction du champ magnétique B dans le volume intérieur à la bobine.
3. Faire un schéma comportant le sens du courant et le sens du champ magnétique.
4. En négligeant les effets de bord, donner l'expression de l'inductance L de la bobine.
5. Calculer B : on donne $N = 500$, $a = 2,5$ cm, $\ell = 40$ cm, $I = 1$ A, et pour l'air $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ SI.
6. Calculer la valeur de l'inductance L .
7. Que devient cette inductance si le volume intérieur de la bobine est maintenant rempli par un noyau de fer doux de perméabilité $\mu = 10\mu_0$?