

# 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  $\epsilon_0$  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  $\ell$ .

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  $\mu = 10\mu_0$  ?