



## Examen d'Électricité et Magnétisme

Prof. A. Verga – Deuxième session, juin 2005.

Tous les documents, manuscrits ou imprimés, sont interdits. Les calculatrices ainsi que tout autre appareil, sont interdits. Une quelconque utilisation du téléphone portable entraîne l'annulation de l'examen.

Dans tous les problèmes commencer par faire un schéma montrant clairement la géométrie étudiée : disposition de charges, circuits, courants et champs.

**1. Loi de Child-Langmuir.** On considère une cathode chaude de surface  $S$  à potentiel  $V = 0$  séparée par une distance  $d$  d'une anode maintenue à  $V = V_0$  ; par effet thermoélectrique la cathode émet des électrons créant un courant  $I$  stationnaire entre les électrodes. Le but est de calculer ce courant en fonction de  $V_0$ . On suppose que le potentiel  $V = V(x)$ , la densité de charge  $\rho = \rho(x)$  et la vitesse des électrons  $v = v(x)$ , dépendent de la coordonnée  $x$  (les électrodes sont planes, avec  $S \gg d^2$ , et perpendiculaires à l'axe  $x$ ).

1. En supposant que la vitesse initiale des électrons issus de la cathode est nulle, calculez leur vitesse au point  $x$ , où le potentiel est  $V(x)$ . Utilisez la conservation de l'énergie.
2. Déduisez la relation qui relie la densité de charge  $\rho(x)$  à la vitesse  $v(x)$ , en sachant que  $I = \text{const.}$
3. Écrivez l'équation de Poisson en éliminant  $\rho$  en termes du potentiel  $V(x)$ .
4. Résolvez cette équation et faites le graphe du potentiel entre les électrodes.
5. Montrez que le courant satisfait une relation  $I = kV_0^{3/2}$ , et trouvez la constante de proportionnalité  $k$ . Comparez à la loi d'Ohm.

**2. Induction propre.** Un solénoïde torique de section rectangulaire est parcouru par un courant  $I$ . Le rayon intérieur du tore est  $a$  et le rayon extérieur  $b$ , la hauteur  $h$  ; l'enroulement est constitué de  $N$  spires.

1. Calculez à l'aide du théorème d'Ampère, le champ magnétique  $\mathbf{B}$  dans tout l'espace (intérieur et extérieur du tore).
2. Faites le graphe de  $|\mathbf{B}|$  en fonction des coordonnées spatiales appropriées.
3. Calculez le flux du champ magnétique à travers une section droite du tore (une spire rectangulaire) et déduisez l'expression de l'inductance propre  $L$  du tore ( $N$  spires).
4. Le tore est relié par un circuit de résistance  $R$ , à une batterie qui fournit une force électromotrice  $e_0$ . Écrivez la loi d'Ohm pour ce circuit et calculez le courant en fonction du temps  $I = I(t)$ , si initialement le courant est nul ( $I = 0$  au temps  $t = 0$ ).