

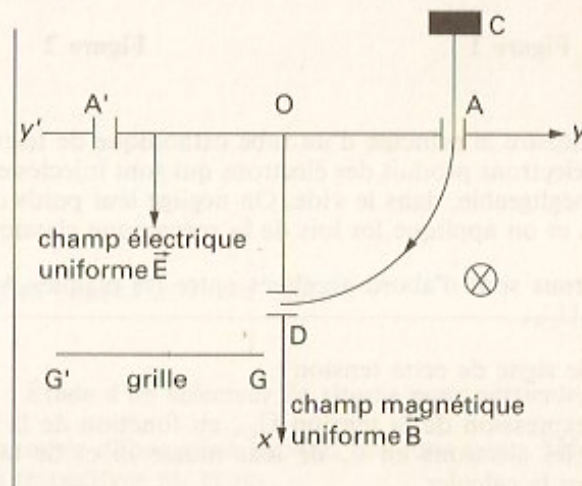
**Electromagnétisme série n°4 : Exercices supplémentaires****Exercice 1 : Mouvement de particules chargées (sujet de Bac, début des années 1990)**

Une cathode C, portée à température élevée, émet un faisceau d'électrons qui est ensuite accéléré par une anode A'OA. Entre l'anode et la cathode règne une tension  $U_{AC}$ . Les électrons traversent l'anode par un petit trou A et pénètrent dans l'espace  $(Ox, Oy)$  où seul règne un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  perpendiculaire au plan de figure, dirigé vers l'arrière. Le faisceau décrit un quart de cercle et quitte cet espace par un trou D pour pénétrer dans l'espace  $(Ox, Oy')$  où seul règne un champ électrique uniforme  $\vec{E}$  parallèle à l'axe Ox. Ce champ est créé par une grille G'G portée à un potentiel inférieur à celui de l'anode A'A.

98

Les électrons gardent des vitesses suffisamment faibles pour ne pas être relativistes. Ils sont émis à la cathode avec une vitesse négligeable. Le poids des électrons est négligeable devant les autres forces qu'ils subissent.

Données numériques : masse de l'électron :  $m = 9,1 \times 10^{-31}$  kg  
charge de l'électron :  $-e = -1,6 \times 10^{-19}$  C  
 $U_{AC} = 300$  V  
 $B = 1,0 \times 10^{-3}$  T  
 $OA = OA' = OD = R$ .

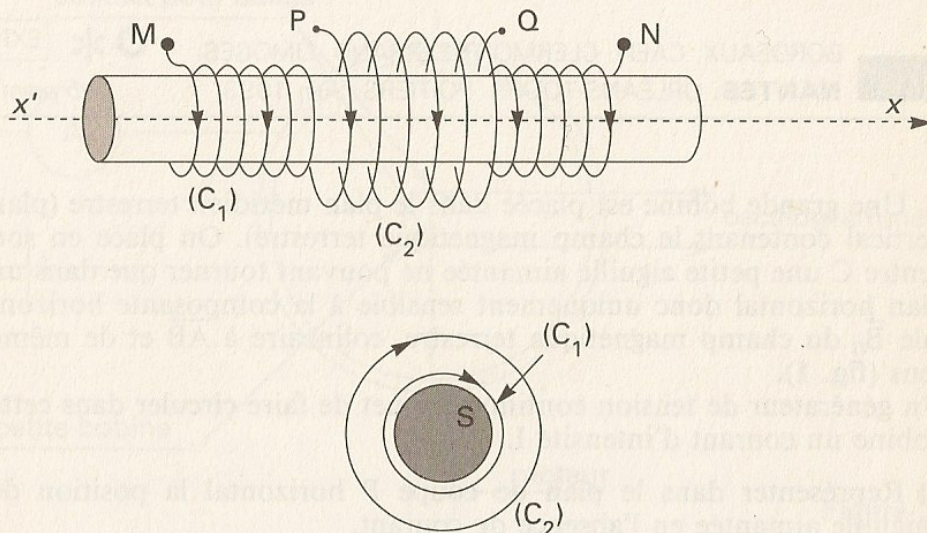


- Déterminer la vitesse des électrons lorsqu'ils traversent l'anode en A. Application numérique.
- Établir l'expression de R, rayon de la trajectoire, en fonction de  $e$ ,  $m$ ,  $v$  et B. Application numérique.  
Caractériser le vecteur-vitesse  $\vec{v}_0$  des électrons (valeur et direction ou composantes) au passage en D.
- Déterminer les équations horaires et la trajectoire des électrons lorsqu'ils sont soumis au champ électrique  $\vec{E}$ .  
Quelle doit être la valeur de  $\vec{E}$  pour que les électrons traversent l'anode en A' ?

## Exercice 2 : Principe du transformateur (sujet de Bac, début des années 1990)

( $C_1$ ) est une bobine de  $N_1$  spires, dite «primaire» du transformateur. ( $C_2$ ), bobine de  $N_2$  spires est le «secondaire». Elles sont enroulées autour d'un noyau de fer cylindrique, dont la section droite a pour aire  $S$  et dont le rôle est de «canaliser» le champ magnétique : dans tout le problème on considèrera donc le champ  $\vec{B}$  créé par ( $C_1$ ) comme uniforme dans tout le volume du noyau de fer et nul en dehors du fer. Toute source de champ magnétique autre que ( $C_1$ ) — le champ terrestre par exemple — sera négligée. Les courants induits dans le fer seront supposés négligeables. ( $C_2$ ) restera en circuit ouvert dans tout le problème.

Les conventions d'orientation des circuits sont celles de la figure :



1. Une tension  $u_{MN}(t)$  est appliquée à ( $C_1$ ). L'intensité du courant dans cette bobine prend alors la forme  $i_1(t) = I \sin(\omega t)$ . On admettra qu'avec le noyau de fer la coordonnée  $B_x$  de  $\vec{B}$  selon  $x'x$  reste, comme dans le vide, proportionnelle à  $i_1$  :  $B_x = K i_1$ . On ne cherchera pas à exprimer  $K$  en fonction des caractéristiques de ( $C_1$ ).

a) Quel est le signe de  $K$  ?

b) Le flux  $\phi_2(t)$  de  $\vec{B}$  à travers une spire de ( $C_2$ ) diffère-t-il du flux  $\phi_1(t)$  à travers une spire de ( $C_1$ ) ?

c) Donner l'expression littérale des flux  $\Phi_1(t)$  et  $\Phi_2(t)$  à travers les bobines ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ).

2. Quelle est l'expression de la f.é.m.  $e_2(t)$  induite dans ( $C_2$ ), et celle de la f.é.m.  $e_1(t)$  (auto)induite dans ( $C_1$ ) ? En déduire l'expression très simple du rapport entre la tension  $u_{PQ}(t)$  obtenue au secondaire et celle  $u_{MN}(t)$  appliquée au primaire, dans l'hypothèse idéale où ( $C_1$ ) est de résistance nulle (on rappelle que ( $C_2$ ) est en circuit ouvert).

3. Exprimer l'auto-inductance  $L$  de ( $C_1$ ) en fonction de  $N_1$ ,  $K$ ,  $S$ .

4. Exprimer la puissance électrique instantanée  $\mathcal{P}(t)$  reçue par ( $C_1$ ). Quel est le signe de  $\mathcal{P}(t)$  pendant le quart de période où  $i_1$  croît de 0 à  $I$ , et pendant que  $i_1$  décroît de  $I$  à 0 ? Cela s'accorde-t-il avec l'affirmation : «la puissance moyenne reçue par ce transformateur idéal est nulle lorsque le secondaire est en circuit ouvert» ?

Pour quelles raisons la puissance moyenne reçue par un transformateur réel n'est-elle pas rigoureusement nulle même lorsque le secondaire est en circuit ouvert ?