

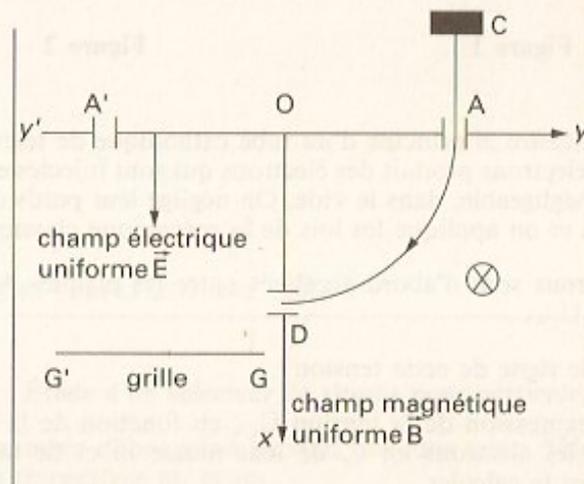
Electromagnétisme série n°4 : Exercices supplémentaires**Exercice 1 : Mouvement de particules chargées (sujet de Bac, début des années 1990)**

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
 $OA = OA' = OD = R$.

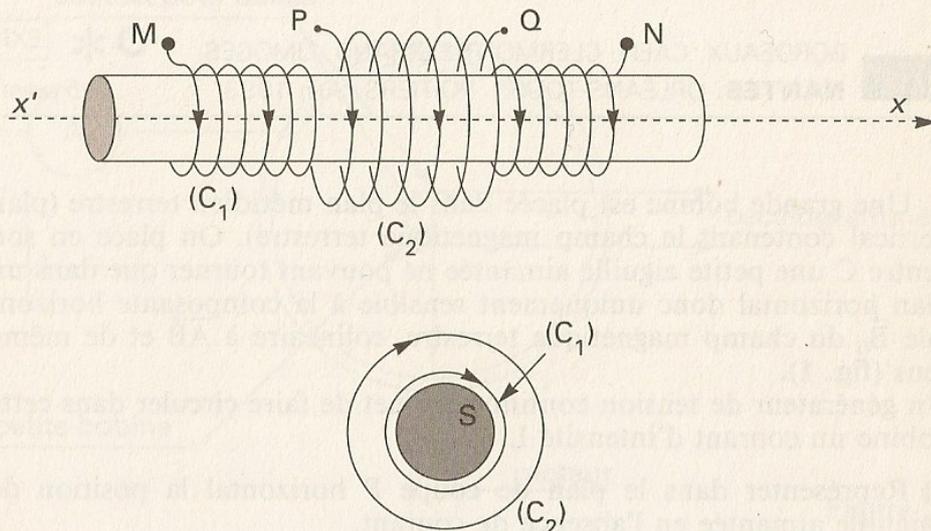


- Déterminer la vitesse des électrons lorsqu'ils traversent l'anode en A. Application numérique.
- Établir l'expression de R, rayon de la trajectoire, en fonction de e , m , v et B. Application numérique.
Caractériser le vecteur-vitesse \vec{v}_0 des électrons (valeur et direction ou composantes) au 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 ?