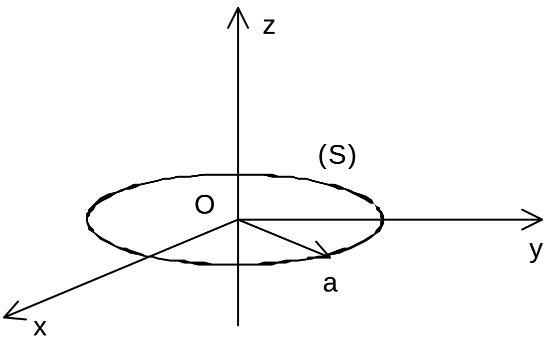
- CCP DEUG 2002 : Physique 1 -

• **ENONCE :** « Thermodynamique – Electro - Optique »

- **Partie A** : Electromagnétisme -

L'espace est rapporté, en coordonnées cartésiennes, à un repère orthonormé direct (Ox, Oy, Oz) de base $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$.

On considère, dans le vide, une spire (S) (ou boucle circulaire filiforme), plane, de centre O et de rayon a, contenue dans le plan xOy (figure 1).



- figure 1 -

I. Champ et potentiel électrostatiques sur l'axe Oz

On rappelle que, dans le vide, la charge q_P, située en un point P, crée au point M, le champ électrostatique $\vec{E}_{q_P}(M)$, défini par :

$$\vec{E}_{q_P}(M) = \frac{1}{4pe_0}\frac{q_P}{r^2}\vec{u} \qquad \text{avec : } r = \left\|\overrightarrow{PM}\right\| \quad \text{et} \quad \vec{u} = \frac{\overrightarrow{PM}}{\left\|\overrightarrow{PM}\right\|}$$

La spire (S) porte la charge Q positive, répartie uniformément sur toute la circonférence, avec la charge linéique l.

1.1) Relier les grandeurs l et Q.

1.2) Exprimer, en fonction des données, le potentiel $V_Q(O)$ créé, au point O, par la charge Q.

1.3) Soit un point $M(0,0,z)$ appartenant à l'axe Oz.

1.3.1) Déterminer l'expression du potentiel $V_Q(M) = V_Q(z)$ créé, au point M, par la charge Q.

1.3.2) Même question pour l'expression vectorielle du champ électrostatique résultant $\vec{E}_Q(z)$.

1.3.3) Tracer, pour tout point M de l'axe tel que $z \in]-\infty, +\infty[$, l'allure des courbes représentatives des fonctions $V_Q(z)$ et $E_Q(z)$.

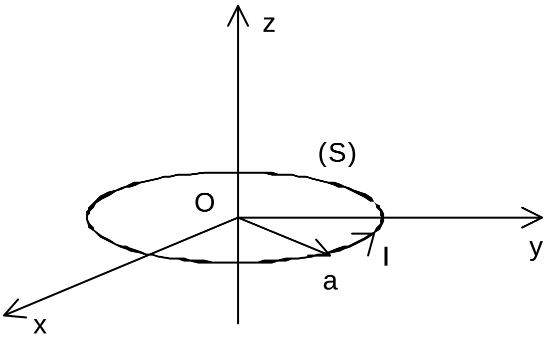
1.4) Exprimer, en fonction des données de l'énoncé, le travail W de la force qui serait nécessaire pour amener, le long de l'axe Oz, une charge q positive, de l'infini jusqu'au point O.

II. Champ magnétique sur l'axe Oz

On rappelle que l'élément de champ magnétique $d\vec{B}$, créé en un point M par un élément de circuit $d\vec{l}$, centré au point P et parcouru par un courant i, est défini par :

$$d\vec{B} = \frac{m_0 i}{4p}\frac{d\vec{l} \wedge \vec{u}}{r^2} \qquad \text{avec :} \quad r = \left\|\overrightarrow{PM}\right\| \quad \text{et} \quad \vec{u} = \frac{\overrightarrow{PM}}{\left\|\overrightarrow{PM}\right\|}$$

La spire (S) est, maintenant, un conducteur métallique filiforme parcouru par un courant d'intensité I constant et positif (figure 2) :



- figure 2 -

2.1) On considère le champ magnétique $\vec{B}(O)$ créé au point O par le courant I.

2.1.1) Recopier approximativement la figure **2** et préciser l'orientation du champ $\vec{B}(O)$.

2.1.2) Déterminer, en fonction des données de l'énoncé, la norme $B(O)$ de $\vec{B}(O)$.

2.2) Soit un point $M(0,0,z)$ appartenant à l'axe Oz.

2.2.1) Déterminer l'expression vectorielle du champ magnétique résultant $\vec{B}(M)$ créé, au point M, par le courant d'intensité I.

2.2.2) Tracer, pour tout point M de l'axe tel que $z \in]-\infty ; +\infty[$, l'allure de la courbe représentative de la fonction $B(z)$.

2.3) Une particule, de charge positive q, se trouve au point O, à l'instant initial t=0, avec une vitesse initiale $\vec{v}_0 = v_0\vec{e}_z$ $(v_0 \succ 0)$; on néglige l'action de la pesanteur.
Décrire le mouvement de la particule.

III. Phénomène d'induction

La spire (S) est toujours un conducteur métallique filiforme, circulaire et plan, de centre O et de rayon a ; soient R sa résistance, et $\vec{n}$ le vecteur unitaire normal à sa surface.

Le courant d'intensité I du paragraphe II est supprimé, et la spire est placée dans une région où s'exerce le champ magnétique uniforme et stationnaire $\vec{B}_0 = B_0\vec{e}_z$.

3.1) La spire est contenue dans le plan xOy ; déterminer le flux Φ_0 du champ magnétique $\vec{B}_0$ à travers le circuit (S).

3.2) La spire tourne maintenant autour d'un de ses diamètres confondu avec l'axe Ox ; on note q l'angle entre les vecteurs $\vec{B}_0$ et $\vec{n}$.

3.2.1) Exprimer, en fonction de B_0, a, R, q et dq/dt, l'intensité i du courant induit qui prend naissance dans le circuit.

3.2.2) Donner la condition nécessaire à l'obtention, dans la spire, d'un courant i alternatif et sinusoïdal.

- <u>Partie B</u> : Électronique -

A l'aide d'un montage électronique, on souhaite créer un signal $s(t)$, modulé sinusoïdalement en amplitude ; ce signal est de la forme :

$$s(t) = A_p[1 + m\cos(2p\, f_m t)]\cos(2p\, f_p t)$$

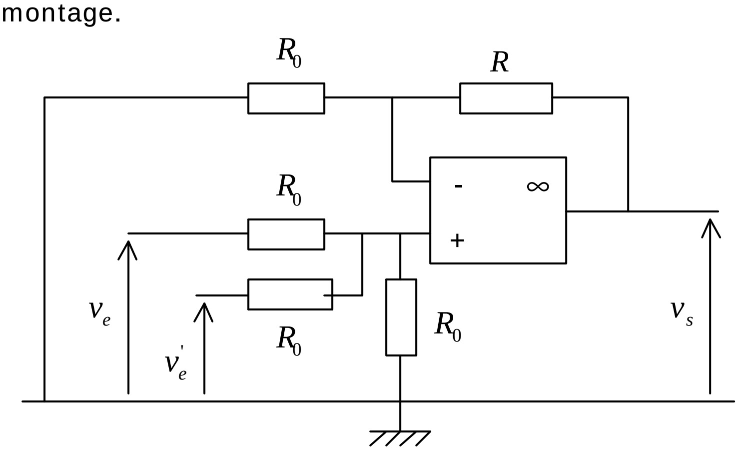
où f_p et A_p sont respectivement la fréquence et l'amplitude du signal porteur, $f_m\ (\ll f_p)$ la fréquence du signal de modulation et m l'indice de modulation (avec $m \prec 1$).

Il s'agit, pour cela, de combiner l'action d'un montage sommateur et d'un montage multiplicateur.

I. <u>Montage sommateur</u>

On considère le montage suivant (figure 3) dans lequel toutes les résistances, sauf R (résistance réglable), ont la même valeur R_0 constante ; l'amplificateur opérationnel (A.O) utilisé est idéal et en fonctionnement linéaire.

Les différentes tensions d'entrée $(v_e$ et $v_e^{'})$ et de sortie v_s sont mesurées par rapport à la masse du montage.

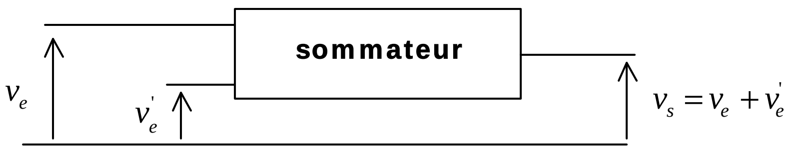


- **figure 3** -

1.1) Exprimer, en fonction de v_e et $v_e^{'}$, le potentiel v_+ de l'entrée non inverseuse de l'A.O.

1.2) Etablir, en fonction de R, R_0 et v_s, l'expression du potentiel v_- de l'entrée inverseuse de l'A.O.

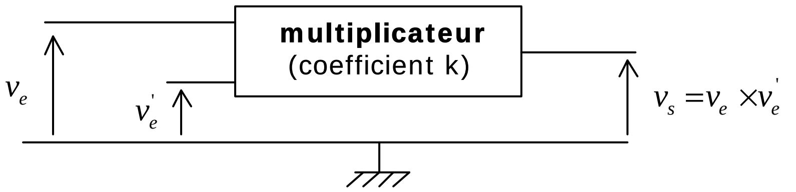
1.3) Déterminer la valeur de R pour laquelle l'égalité $v_s = v_e + v_e^{'}$ est vérifiée ; dans ce cas particulier, le montage sommateur peut être représenté par le symbole suivant (figure 4) :



- **figure 4** -

II. Réalisation du modulateur d'amplitude

De la même façon que précédemment, on représente un montage multiplicateur, pour lequel la tension de sortie est $v_s = k v_e \times v_e^{'}$, par le symbole suivant (figure5) :



- figure 5 -

On dispose de deux générateurs de tension indépendants, notés G_p et G_m, qui délivrent respectivement les signaux $s_p(t) = A_p \cos(2\pi f_p t)$ (d'amplitude A_p et de fréquence f_p) et $s_m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$ (d'amplitude A_m et de fréquence f_m).

On associe les montages précédents (sommateur de la figure **4** et multiplicateur de la figure **5**), ainsi que les générateurs G_p et G_m, en vue d'engendrer le signal :

$$s(t) = A_p[1 + m\cos(2\pi f_m t)]\cos(2\pi f_p t)$$

2.1) Proposer un schéma illustrant cette association.

2.2) Quelle relation existe-t-il entre le coefficient multiplicateur k et l'indice de modulation m ?

2.3) Tracer, qualitativement, l'allure de la courbe représentative de la fonction $s(t)$.

- Partie C : Optique géométrique -

Soit α l'angle sous lequel un observateur voit, à l'œil nu, un objet réel **AB** orthogonal à l'axe et situé à l'infini ; α est appelé diamètre apparent, ou diamètre angulaire, de l'objet **AB**. Le point A appartient à l'axe.

Afin de mieux observer cet objet, on souhaite fabriquer une lunette afocale, à l'aide de deux lentilles minces convergentes, utilisées dans les conditions de Gauss.

α' est le diamètre apparent, ou diamètre angulaire, de l'image finale **A'B'** donnée par la lunette ; le grossissement G de l'appareil est défini par : $G = \alpha'/\alpha$.

I. Principe de la lunette

1.1) Qu'est-ce qu'un système optique afocal ?

1.2) Soit e, la distance qui sépare les deux lentilles de même axe optique ; exprimer , en fonction de leurs distances focales images respectives $f_1^{'}$ et $f_2^{'}$, la distance e.

1.3) Faire un schéma et tracer la marche d'un faisceau de rayons issus de B, point à l'infini n'appartenant pas à l'axe.

1.4) Exprimer, en fonction de $f_1^{'}$ et $f_2^{'}$, le grossissement G.

1.5) L'image **A'B'** est-elle renversée par rapport à l'objet **AB** ?

II. Construction de la lunette

On dispose de deux lentilles, de même diamètre, marquées : $+20\delta$ et $+1\delta$.

2.1) Que signifie l'expression « $+20\delta$ » ?

2.2) Quelle est, de ces deux lentilles, celle qui sera choisie pour jouer le rôle d'objectif ? Justifier le choix, et calculer le grossissement.