Champs magnétiques

Exercices indispensables : **1**, **2**, **3**, **4**, **5.1** (ou **5.2**), **7.2**.

Exercice 1

1) Des particules, qui peuvent avoir des masses et des charges différentes, sont émises en $x = y = z = 0$ avec une vitesse $\vec{v} = v\vec{u}_x$. Le sens et la direction de la vitesse sont les mêmes pour toutes les particules, mais $v > 0$ peut varier d'une particule à l'autre. Dans la zone $0 \leq x \leq L$ règnent des champs électrique et magnétique uniformes et constants de la forme $\vec{E} = E\vec{u}_y$ et $\vec{B} = B\vec{u}_z$. En $x = L > 0$ se trouve un écran que les particules ne peuvent pas traverser, sauf en passant par un petit trou autour de la position $y = z = 0$. Montrer que les particules qui traversent ont toutes la même vitesse dont on calculera le module en fonction de E et B. Ce dispositif est donc un excellent sélecteur de vitesse.
2) On utilise un spectromètre de masse pour étudier les isotopes du Germanium ($Z = 32$). On place à l'entrée du spectromètre un sélecteur de vitesse comme celui décrit à la question 1). L'isotope le plus lourd a pour masse atomique $A = 76$. Les rayons des trajectoires observées dans le spectromètre sont de 22.8, 22.2, 21.9, 21.6 et 21 centimètres. Quelles sont les masses atomiques des différents isotopes ?

Exercice 2 Un conducteur cylindrique infini de rayon R est parcouru par une intensité I supposée uniformément répartie dans la section du fil. Calculer le champ magnétique créé en tout point. Soit $B(r)$ son module à une distance r de l'axe du fil. Tracer la fonction $B(r)$.

Exercice 3 Calculer le champ magnétique créé en un point de son axe par un disque de rayon R uniformément chargé de densité surfacique de charge σ tournant autour de son axe à une vitesse angulaire ω constante.

Exercice 4 Soit un plan infini sur lequel le vecteur densité surfacique de courant $\vec{j}s$ est uniforme.

1) En considérant cette nappe formée d'une juxtaposition de fils rectilignes, calculer $\vec{B}$ en tout point de l'espace.
2) Refaire le calcul de $\vec{B}$ à l'aide du théorème d'Ampère (on commencera par montrer que $\vec{B}$ est uniforme dans chaque demi-espace).

Exercice 5

1) Un sphère uniformément chargée en surface (densité surfacique σ) tourne à vitesse constante autour de l'un de ses diamètres fixe. Calculer son moment magnétique $\vec{\mathscr{M}}$, son moment cinétique $\vec{\sigma}_0$ (O étant le centre de la sphère) et γ, défini par la relation $\vec{\mathscr{M}} = \gamma\vec{\sigma}_0$. On appelle γ le rapport gyromagnétique de la sphère.
2) Même question pour une sphère uniformément chargée en volume, de densité volumique de charge ρ.

Exercice 6 Soit un fil rectiligne infini parcouru par I et un cadre rectangulaire de côtés a et b, dont un côté (celui de longueur b) est parallèle au fil et situé à la distance c du fil. On suppose que le plan fil-côté et le plan du cadre font un angle α. Calculer le flux du champ magnétique créé par le fil à travers le cadre.

Exercice 7

1) Deux couples de bobines de Helmholtz (donc quatre bobines identiques en tout) ont leurs axes orthogonaux se coupant à égale distance des quatre bobines. Un couple de bobine est alimenté par $I_1 = I_0 \cos\omega t$, l'autre par $I_2 = I_0 \sin\omega t$. Montrer qu'au voisinage du centre (intersection des axes) on crée ainsi un champ magnétique que l'on peut considérer comme uniforme et tournant dans le plan des axes à la vitesse angulaire ω.
2) Trois couples de bobines de Helmholtz, d'axes coplanaires faisant entre eux des angles de $2\pi/3$ et se coupant à égale distance des six bobines, sont alimentés en courant triphasé : $I_1 = I_0 \cos\omega t$, $I_2 = I_0 \cos(\omega t - 2\pi/3)$, $I_2 = I_0 \cos(\omega t + 2\pi/3)$. Montrer qu'au voisinage du centre (intersection des axes) on crée ainsi un champ magnétique que l'on peut considérer comme uniforme et tournant dans le plan des axes à la vitesse angulaire ω.