

Exo 1 : L'électron de l'atome d'hydrogène décrit une trajectoire circulaire de rayon  $R$  à la fréquence  $\nu = 6,60 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$  et de pulsation  $\omega$ .

1. Déterminer l'intensité  $I$  du courant équivalent au déplacement de l'électron sur son orbite circulaire.

2. Déterminer le vecteur moment magnétique  $\vec{\mu}$  de l'électron puis l'exprimer en fonction du moment cinétique  $\vec{L}$ .

- L'atome est placé dans un champ magnétique uniforme  $\vec{B}_0 = B_0 \vec{k}$ .

3. Déterminer l'énergie d'interaction entre le moment magnétique de l'électron  $\vec{\mu}$  et le champ  $\vec{B}_0$

4. On constate l'apparition d'un mouvement de précession autour de  $\vec{B}_0$  de pulsation  $\omega_L$ . Déterminer  $\omega/\omega_L$  et commenter le résultat lorsque  $B_0 = 0,1 \text{ Tesla}$ .

5. On s'intéresse maintenant au spin de l'électron uniquement. Exprimer le moment magnétique de l'électron  $\vec{\mu}_s$  et déduire l'énergie d'interaction de ce moment avec  $\vec{B}_0$ .

Exo 2: Le proton  ${}^1_1\text{H}$  est soumis à un champ magnétique  $\vec{B}_0$  extérieur constant.

1. Déterminer les énergies Zeeman du proton.

2. Trouver la fréquence de résonance.

3. Expliquer pourquoi en RMN (en médecine), on s'intéresse aux protons  ${}^1_1\text{H}$ .

Exo 3: Expliquer la formation du bicône lorsque un ensemble de protons est plongé dans un champ extérieur  $\vec{B}_0$  suivant l'axe  $oz$ .

1. Trouver l'angle au sommet du cône supérieur.

- Soit  $\vec{M}$  le moment magnétique total d'un nombre  $N$  de protons  ${}^1_1\text{H}$  formant un échantillon. On décompose  $\vec{M} = \vec{M}_L + \vec{M}_T$  en deux composantes, longitudinale  $\vec{M}_L$  et transversale  $\vec{M}_T$ .

2. Que vaut  $\vec{M}_T$ .

3. Soit  $N(\uparrow)$  et  $N(\downarrow)$  les populations des spins se trouvant dans les niveaux d'énergie  $-\frac{\Delta E}{2}$  et  $+\frac{\Delta E}{2}$ . Calculer  $\frac{N(\uparrow)}{N(\downarrow)}$  en fonction de  $\Delta E$  et  $T$ . En supposant que  $\Delta E \ll K_B T$ , déterminer le rapport  $\frac{\Delta N}{N}$  où  $\Delta N = N(\uparrow) - N(\downarrow)$  et en déduire que  $M_L$  est proportionnel à  $B_0$ .