

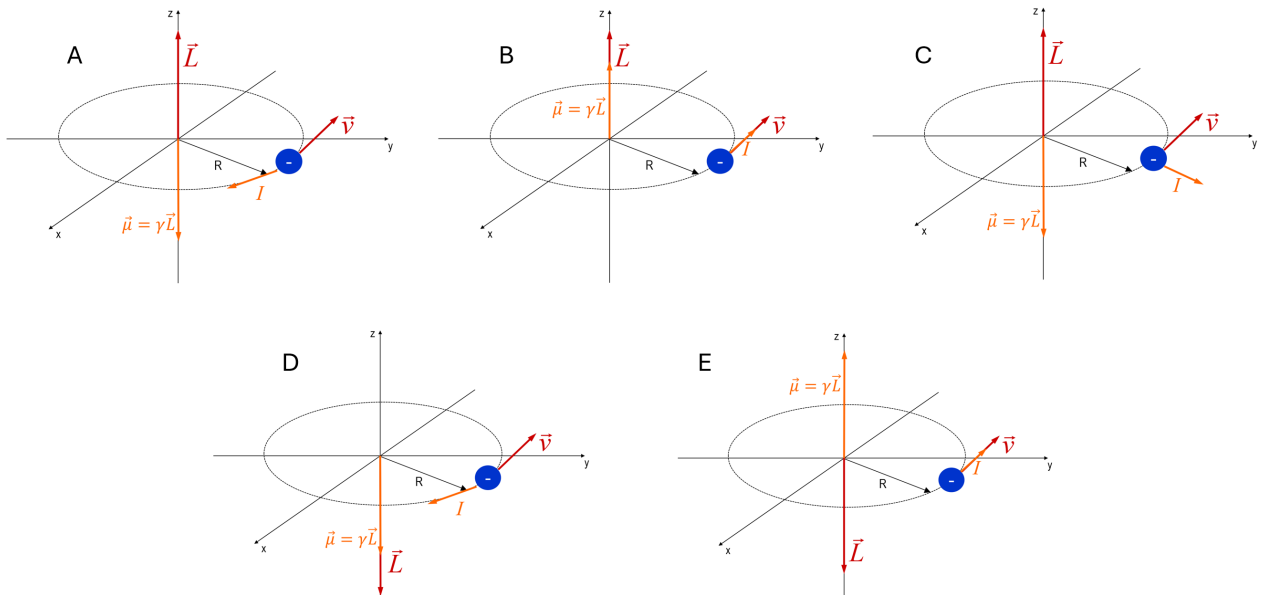
Physique Générale A

Série d'exercices 15: Magnétisme III - IRM 3 mars 2026

Remarque : les exercices au format QCM devraient être réalisables en 2 minutes environ. Des exercices plus longs sont proposés afin d'approfondir vos connaissances. Ceux-ci font toutefois partie du champ de l'examen.

1.) QCM A, Moment cinétique d'un électron :

Lequels des schémas ci-dessous représente la bonne configuration d'un électron tournant sur une orbite circulaire ?



2.) QCM K', IRM :

Pour réaliser une image IRM, on plonge un patient dans un champ magnétique B_0 et il reçoit un champ oscillant B_1 de fréquence f . On observe que des moments magnétiques des protons des atomes d'hydrogène ont basculés. On peut affirmer que :

- A. $f > \frac{\gamma B_0}{2\pi}$
- B. l'énergie potentielle des moments magnétiques basculés diminue
- C. seuls les moments magnétiques basculés précessent à la même fréquence
- D. immédiatement après la fin de l'impulsion, seuls les moments magnétiques basculés précessent de façon synchronisée

3.) QCM K': IRM pour différents noyaux

On considère un IRM avec un champ magnétique $B_0 = 2$ T. Le système peut faire varier la fréquence du champ oscillant B_1 de 75 à 90 MHz.

On donne:

| Noyau | γ [$T^{-1}.s^{-1}$] |
|-------------|------------------------------|
| Hydrogène 1 | 2.67×10^8 |
| Carbone 13 | 6.72×10^7 |
| Fluor 19 | 2.51×10^8 |

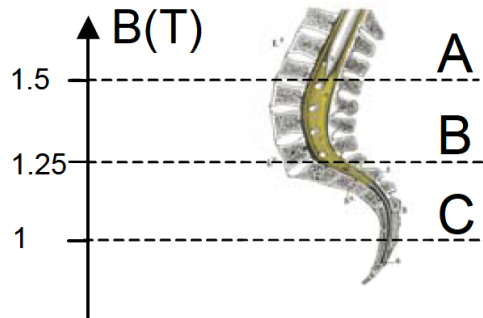
On peut affirmer que:

- A. Le système peut imager l'hydrogène 1.
- B. Le système peut imager le carbone 13.
- C. Dans ces conditions, la fréquence de Larmor du fluor 19 est égale à $f = 0.0799$ GHz.
- D. Si l'on divise par deux le champ magnétique B_0 , alors la fréquence de B_1 doit être multipliée par deux pour faire fonctionner l'IRM.

4.) QCM A, IRM de la moelle épinière :

La moelle épinière contient des atomes d'hydrogène. Pour réaliser une IRM on crée un champ magnétique qui varie de 1 T à 1,5 T en fonction de la position verticale (il s'agit d'un gradient de champ magnétique). L'ensemble de la moelle reçoit un champ B_1 oscillant à la fréquence de 53.2 MHz.

Facteur gyromagnétique de l'hydrogène, $\gamma = 2.67 \times 10^8 T^{-1}s^{-1}$



On peut affirmer que les moments magnétiques des protons qui vont basculer sont :

- A. situés sur la coupe A
- B. situés sur la coupe B
- C. situés sur la coupe C
- D. tous les moments magnétiques situés entre la coupe B et la coupe A
- E. tous les moments magnétiques situés entre la coupe B et la coupe C

5.) **QCM A : Résolution spatiale d'un IRM**

Un IRM hospitalier génère un champ magnétique statique $B_0 = 3 \text{ T}$ orienté selon l'axe z . Un gradient de champ magnétique est superposé selon l'axe z à ce champ statique et vaut $B_G = 20 \text{ mT/m}$. Les bandes de fréquences typiques d'un IRM sont de 2 kHz . Dans ces conditions, quelle est la résolution spatiale minimale d'une coupe ?

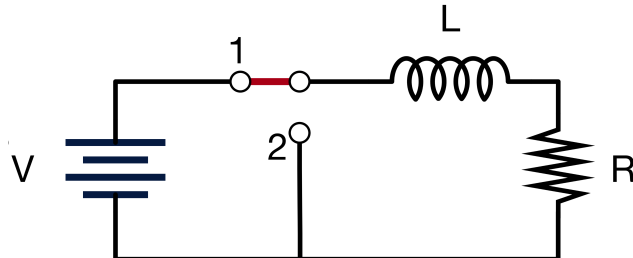
Facteur gyromagnétique de l'hydrogène, $\gamma = 2.67 \times 10^8 \text{ T}^{-1}\text{s}^{-1}$

- A. 2.35 mm
- B. 2.35 μm
- C. 2.35 nm
- D. 23.5 μm
- E. Aucune de ces réponses

6.) **QCM K' : Energie emmagasinée**

On considère le circuit illustré ci-dessous qui comporte un générateur de tension de $U = 10 \text{ V}$, une résistance $R = 1000 \Omega$ ainsi qu'un solénoïde creux comportant 1000 spires, une longueur $l = \pi^2 \text{ cm}$ et un diamètre de 1 cm . Le commutateur est resté en position (1) pendant un temps arbitrairement long. Au temps $t = 0$, l'interrupteur est basculé en position (2). On peut affirmer que :

- A. $L = 10^{-3} \text{ H}$.
- B. La valeur de la résistance n'influence pas l'énergie emmagasinée dans la bobine.
- C. L'énergie emmagasinée dans la bobine, juste avant $t = 0$, est de $5 \cdot 10^{-8} \text{ J}$.
- D. La densité d'énergie volumique de l'énergie magnétique dans la bobine va augmenter pour $t > 0$.



7.) **QCM K' : Energies de composants électriques**

On considère deux composants électriques : une bobine de longueur $l = 10 \text{ cm}$ constituée de $N = 1000$ tours de fils de cuivre dont l'inductance vaut 0.8 H lorsqu'elle est traversée par un courant de 5 A et, un condensateur plan dont les armatures carrés de côté 9 cm sont séparées par du vide. Les bornes du condensateur sont soumises à une différence de potentiel $U_c = 20 \text{ V}$. Les affirmations suivantes sont-elles vraies ou fausses ?

- A. L'énergie stockée dans la bobine vaut $E_b = 10 \text{ J}$.
- B. L'intensité du champ magnétique au centre de la bobine vaut $B = 63 \text{ mT}$.
- C. Si on considère que le condensateur à une capacité de 72 pF , l'espacement entre ses armatures est de 1 mm .
- D. L'énergie stockée par ce condensateur est égale à 1.4 J .

8.) **QCM A, Energie stockée :**

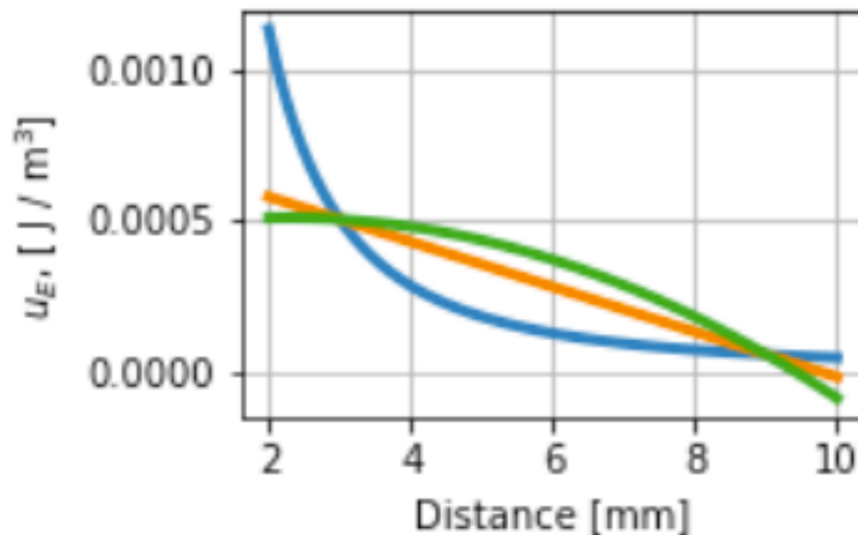
On considère deux composants électriques : une bobine et un condensateur. Chacun de ces composants représente un volume de 10^{-5} m^3 . Déterminez la valeur de l'énergie stockée dans chacun de ces composants sachant que $B = 0.1 \text{ T}$ et que le champ électrique vaut $3 \times 10^6 \text{ V/m}$.

- A. $E_{\text{condensateur}} = 0.4 \text{ mJ}$, $E_{\text{bobine}} = 40 \text{ mJ}$.
- B. $E_{\text{condensateur}} = 40 \text{ mJ}$, $E_{\text{bobine}} = 0.4 \text{ mJ}$.
- C. $E_{\text{condensateur}} = 0.4 \text{ J}$, $E_{\text{bobine}} = 0.4 \text{ J}$.
- D. $E_{\text{condensateur}} = 0.4 \text{ m}$, $E_{\text{bobine}} = 40 \text{ J}$.
- E. Aucune de ces réponses.

9.) **Exercice d'approfondissement: Condensateur**

On souhaite étudier en détail la variation de la densité d'énergie du champ électrique u_E en fonction de la distance d . Pour cela, on considère un condensateur plan ayant des armatures séparées par le vide qui sont espacées de 3 mm. La différence de potentiel entre les armatures est de 32 V.

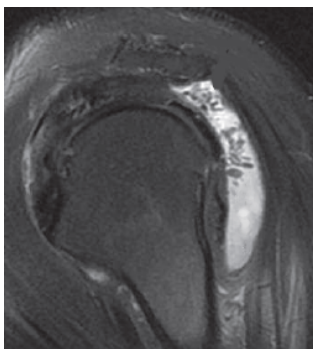
- A. Calculer la densité d'énergie du champ électrique u_E .
- B. Si on double la distance entre les armatures, comment cela influence l'intensité et la densité d'énergie du champ électrique ?
- C. Dans le graphique ci-dessous, quelle courbe décrit la dépendance entre u_E et d ?



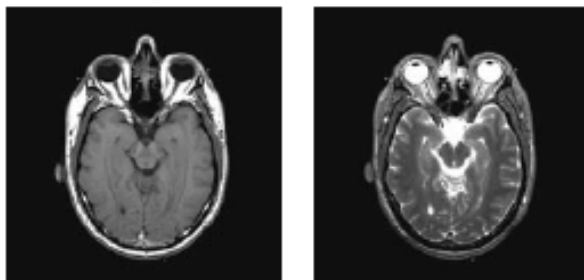
- 10.) **Exercice d'approfondissement: IRM** Nous avons vu les deux temps caractéristiques de l'IRM, T_1 et T_2 . Le temps T_1 est le temps caractéristique pris par les moments magnétiques des protons (spins) pour se réorienter selon B_0 (axe z) et T_2 correspond au temps caractéristique après lequel les spins se désynchronisent dans le plan xy.

Généralement, les deux extrêmes d'une image IRM présentant du contraste sont la graisse et l'eau. Lors d'une acquisition " T_1 ", la graisse, qui présente un temps T_1 bien plus faible que l'eau (car les spins présents dans la graisse se réorientent plus rapidement selon le champ B_0), apparaît plus intensément que l'eau. À l'opposé, lors d'une acquisition " T_2 ", l'eau, qui présente un temps T_2 plus important que celui de la graisse (car les spins associés à l'eau se désynchronisent moins rapidement dans le temps), apparaît donc plus intensément que la graisse. Répondez aux questions suivantes:

- A. Dans le cliché IRM T_1 d'une épaule ci-dessous, la partie claire indique-t-elle la présence de liquide accumulé ?



B. Dans l'image ci-dessous, le cliché de gauche est une acquisition T_2 et le cliché de droite une acquisition T_1 . Cette affirmation est-elle correcte ?



C. Schématiser l'évolution temporelle de la magnétisation M_z , à la fin d'une impulsion RF, dans l'eau et la graisse.

D. Schématiser l'évolution de la magnétisation M_{xy} , à la fin d'une impulsion RF, dans l'eau et la graisse.

Réponses:

- 1.) A
- 2.) Faux, Faux, Faux, Vrai
- 3.) Vrai, Faux, Vrai, Faux
- 4.) B
- 5.) A
- 6.) Vrai, Faux, Vrai, Faux
- 7.) Vrai, Vrai, Vrai, Faux

8.) A

9.) A. $5 \cdot 10^{-4} \frac{J}{m^3}$

B. E est diminué d'un facteur 2 et u_E est diminué d'un facteur 4.

C. La courbe bleue

10.) A. Faux

B. Faux

C. Voir correction

D. Voir correction