

# TUTORAT UE 3 2014-2015 – Physique

## CORRECTION Séance n°6 – Semaine du 20/10/2014

**RMN (1)**  
**Pr. Zanca**

### QCM n°1 : C, E

- A. Faux. Elle est également caractérisée par son rapport gyromagnétique intrinsèque  $\gamma_i$ .
- B. Faux. Aucun voxel n'est aimanté À CAUSE des mouvements browniens. En effet l'énergie thermique est largement supérieure à l'énergie du champ magnétique terrestre à température ambiante.
- C. **Vrai.**
- D. Faux. L'espace est magnétiquement an-isotrope. Le reste de la phrase est vrai.
- E. **Vrai.**

### QCM n°2 : B, C, E

- A. Faux. La population de spins « up » est plus importante que celle des spins « down ».
- B. **Vrai.** Ils s'opposent au champ magnétique, ils sont donc plus énergétiques.
- C. **Vrai.**

$$\frac{n_\alpha}{n_\beta} = \exp\left(-\frac{E_\alpha - E_\beta}{kT_{\text{éq}}}\right)$$

- D. Faux. La fermeture du bicône est bien caractérisée par T1 mais c'est un temps de relaxation longitudinal et non transverse.
- E. **Vrai.**

### QCM n°3 : A, C, D, E

- A. **Vrai.**
- B. Faux.  $\chi_m$  est sans dimension.
- C. **Vrai.**
- D. **Vrai.**
- E. **Vrai.**

### QCM n°4 : B, D, E

- A. Faux.  $\gamma = g(^1\text{H}) \cdot e/(2m_p) = 5,58 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} / (2 \cdot 1,673 \cdot 10^{-27}) = 2,668 \cdot 10^8 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$  Attention aux unités !
- B. **Vrai.** Cf item A.
- C. Faux.  $L = \hbar \cdot \sqrt{s(s+1)} = (6,62 \cdot 10^{-34} / 2\pi) \cdot \sqrt{0,5(0,5+1)} = 9,1 \cdot 10^{-35} \text{ USI}$ .
- D. **Vrai.** Cf item C.
- E. **Vrai.**  $M = \gamma L = 2,668 \cdot 10^8 \cdot 9,12 \cdot 10^{-35} = 2,43 \cdot 10^{-26} \text{ USI}$ .

### QCM n°5 : C, D

- A. Faux. On peut associer  $2s+1$  niveaux énergétiques donc seulement 2 niveaux énergétiques et non 4.
- B. Faux.  $E(m=1/2) = -m\gamma\hbar B_0 = -0,5 \cdot 2,668 \cdot 10^8 \cdot (h/2\pi) \cdot 4 = -5,6 \cdot 10^{-26}$  J pour  $m=1/2$ . L'item est vrai pour  $m=-1/2$ .
- C. **Vrai.** Cf item B.
- D. **Vrai.**  $\cos \Theta = m / \sqrt{s(s+1)} \rightarrow$  pour  $s=1/2$ ,  $m$  prend 2 valeur ( $-1/2$  et  $+1/2$ )  $\rightarrow$  pour  $m=1/2$ ,  $\cos \Theta = 0,5 / \sqrt{0,5(0,5+1)}$  donc  $\Theta = 54,74^\circ$ .
- E. Faux. (cf.item D)

### QCM n°6 : C

- A. Faux : Le magnétisme électronique est beaucoup plus intense que le magnétisme nucléaire du fait de la faible masse de l'électron ( $\mu_B = 1836\mu_N$ ).
- B. Faux. Un neutron est composé d'un quark u et de deux quarks d, particules chargées. Il possède donc un moment magnétique.
- C. **Vrai.**
- D. Faux. Car il existe des noyaux pour lesquelles tous les couples de nucléons ne sont pas appariés en doublet  $\rightarrow$  pour ces noyaux, on peut seulement savoir si le spin est entier ou demi-entier. Exemple : le noyau de sodium  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  ne possède pas un spin de  $1/2$ .
- E. Faux, il faut aussi des noyaux atomiques dits sensibles (de spin non nul) et un champ de radiofréquences  $B_1$  de fréquence et donc d'énergie appropriée (résonance) pour provoquer la bascule.

### QCM n°7 : A, B, C

- A. **Vrai.** Selon la relation :  $\mu_{\text{noyau}} = \gamma_{\text{noyau}} \cdot S_{\text{noyau}}$ .
- B. **Vrai.** Il s'agit de la relation de LARMOR.
- C. **Vrai.**  $m$  prend  $2s+1$  valeurs (entre  $-s$  et  $+s$  par pas de un), ce qui implique autant de projections  $\mu_z$  possibles, donc d'orientations possibles.
- D. Faux. Il s'agit de l'inverse le magnétisme nucléaire est inférieur au magnétisme électronique, en raison du rapport inverse des masses lors du calcul des rapports gyromagnétique,  $m_{1H} = 1836 \cdot m_e \rightarrow \gamma_e \gg \gamma_n$ .
- E. Faux. Seuls les noyaux de spin non nul sont sensibles à une expérience RMN. Rappel : il y a deux conditions pour qu'une expérience RMN soit réalisable : 1/ le Spin du noyau doit être différent de 0 (cette condition est nécessaire mais pas suffisante), et 2/ avoir un champ magnétique  $B_0$  suffisamment intense.

### QCM n°8 : B, C, D

- A. Faux. Le spin de ces noyaux est égal à 1. J'ai 50 nucléons et 23 protons j'en déduis donc que le nombre de neutrons est  $50-23=27$  soit un proton célibataire et un neutron célibataire. Or on sait que pour chaque nucléons célibataire on affecte la valeur  $1/2$ , j'ai donc un spin résultant de 1.
- B. **Vrai.** Le nombre d'orientation est conditionné par le nombre quantique  $m$  qui prend  $2S+1$  valeurs or  $S=1$ , on a donc 3 orientations possibles ( $m = -1$  ;  $m = 0$  ;  $m = 1$ ).
- C. **Vrai.** En l'absence de  $B_0$ , nous avons  $M_0 = \sum_i \mu_i = 0$  donc  $E = -M_0 \cdot B_0 = 0$ .
- D. **Vrai.** C'est le cas des spins de nombre quantique magnétique  $m=0$ .
- E. Faux. Ce sont les spins parallèles qui possèdent l'énergie minimale, les spins anti parallèles auront une énergie maximale, les spins ayant un nombre quantique  $m$  négatif seront antiparallèle, ceux ayant un nombre quantique  $m$  positif seront parallèles  $E = -m \cdot \gamma \cdot (h/2\pi) \cdot B_0$ .

### QCM n°9 : A, D

- A. **Vrai.** Le nombre quantique de spin global est de 1/2 pour ces deux noyaux, les spins s'orientent de  $2s+1$  façons soit  $2 \times \frac{1}{2} + 1 = 2$  façons différentes.
- B. Faux.  $\cos(\theta) = \frac{m}{\sqrt{s(s+1)}}$  or pour les deux espèces m et s sont identiques donc les angles sont identiques.

Attention pour les trois derniers items ne pas oublier de repasser le rapport gyromagnétique en  $\text{rad.s}^{-1}.\text{T}^{-1}$ . Or  $\gamma(x)$  en  $\text{rad.s}^{-1}.\text{T}^{-1} = 2\pi.\gamma(x)$  en  $\text{Hz}.\text{T}^{-1}$ . De plus ne pas oublier la puissance du rapport gyromagnétique qui est en  $\text{MHz}.\text{T}^{-1}$ .

- C. Faux.  $E_{\text{anti}} = -m.\gamma.\frac{h}{2\pi}.B_0 = -\left(-\frac{1}{2} \times (42,6.10^6 \times 2\pi) \times \frac{6,62.10^{-34}}{2\pi} \times 3\right) = 4,23.10^{-26} \text{J}$ .
- D. **Vrai.**  $\Delta E = E_{\text{anti}} - E_{\text{para}} = -m\gamma\frac{h}{2\pi}B_0 - (-m\gamma\frac{h}{2\pi}B_0) = \gamma\frac{h}{2\pi}B_0(-m - (-m)) = \gamma\frac{h}{2\pi}B_0 = (42,6.10^6 \times 2\pi) \times \frac{6,62.10^{-34}}{2\pi} \times 3 = 8,46.10^{-26} \text{J}$ .
- E. Faux.  $\omega_0 = \gamma B_0 = (42,6.10^6 \times 2\pi) \times 3 = 8,03.10^8 \text{rad.s}^{-1}$ .

### QCM n°10 : B, C, D

- A. Faux.  $A=2, Z=1, N=A-Z=1$ , 1 neutrons 1 proton célibataire le spin résultant et de  $S=2 \times (1/2) = 1$ , il a donc un spin non nul il peut participer a une expérience de RMN.
- B. **Vrai.**  $A=24, Z=12, N=24-12=12$ , aucun neutron ni proton célibataire le spin résultant est donc nul il ne peut donc pas participer a une expérience RMN.
- C. **Vrai.**  $A=16, Z=8, N=16-8=8$ , tous les nucléons sont appariés le spin résultant est nul, il ne peut donc pas participer a une expérience RMN.
- D. **Vrai.**  $A=12, Z=6, N=12-6=6$ , tous les nucléons sont appariés le spin résultant est nul, l'expérience RMN est impossible.
- E. Faux.  $A=31, Z=15, N=31-15=16$ , 1 proton célibataire le spin résultant est non nul donc il peut participer a une expérience RMN.

### QCM n°11 : A, C

- A. **Vrai.**  $S=1 \rightarrow m$  prend 3 valeurs donc 3 orientations possibles.
- B. Faux.  $A=3, Z=2, N=1$ , un neutron célibataire  $S=1/2 \rightarrow 2$  valeurs possibles pour m, il y aura donc pour ces spins seulement deux orientations.
- C. **Vrai.**  $A=14, Z=7, N=7$ , un proton célibataire et un neutron célibataire  $S=1$ , m prend 3 valeurs. Soit trois orientations.
- D. Faux.  $A=19, Z=9, N=10$ , un proton célibataire  $S=1/2$ , m prend 2 valeurs, Soit deux orientations.
- E. Faux.  $A=14, Z=6, N=8$ , tous les nucléons sont appariés  $S=0 \rightarrow$  Donc 0 orientations.

### QCM n°12 : D

- A. Faux.  $^{29}_{14}\text{Si} \rightarrow s=1/2$  car 15 neutrons et 14 protons  $\rightarrow$  expérience de RMN possible.. On prend l'hydrogène pour les tissus biologiques celui-ci car il a une abondance de 99.9%, que l'eau est très abondante dans le corps humain et qu'il a un rapport gyromagnétique dont la valeur est très élevée. Pour qu'une expérience de RMN soit possible il faut un spin non nul et un champ magnétique suffisamment intense.
- B. Faux. Les spins  $\mu_i$  de  $^{29}_{14}\text{Si}$  précessent à cause de l'interaction vectorielle  $\vec{\mu}_i \wedge \vec{B}_0$ .
- C. Faux. Le produit vectoriel est responsable de la précession de  $\mu$  autour de B. C'est le produit scalaire (énergie magnétique) qui oriente  $\mu$  dans B :  $E_B = -\mu.B = \mu.B.\cos(\mu,B)$ .
- D. **Vrai.** Relation de Larmor :  $\omega_0 = -\gamma.B_0$ . Le moins indique la précession dans le sens indirect.
- E. Faux.  $\omega_0 = 2\pi\nu_0 = \gamma B_0 \rightarrow \nu_0 = \frac{\gamma B_0}{2\pi}$ .

**QCM n°13 : B, C, E**

- A. Faux. L'intensité de B1 affecte la valeur de l'angle de bascule mais pour provoquer la bascule il faut que la fréquence de rotation de rotation de B1 soit ajustée à la fréquence de precession de Larmor.
- B. **Vrai.**
- C. **Vrai.**  $\gamma = \frac{2\pi\nu}{B_0} = \frac{2\pi \cdot 3.2 \cdot 10^8}{2} = 1,0053 \cdot 10^9$ .
- Angle de bascule  $\eta = \gamma B_1 \tau = 1,0053 \cdot 10^9 \cdot 0.61 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1.2265 \text{rad} = 70,27^\circ$ .
- D. Faux.
- E. **Vrai.**

**QCM n°14 : C, D, E**

- A. Faux. Une charge statique ne génère aucun champ magnétique.
- B. Faux. Le champ magnétisant  $\vec{H}$  ne dépend pas de la susceptibilité magnétique du milieu.
- C. **Vrai.**  $\vec{B} = \mu \vec{H}$ .
- D. **Vrai.**  $\vec{B} = \frac{\mu}{X} \vec{J}$ .
- E. **Vrai.** Par définition.