

# TUTORAT UE3a 2013-2014 – Biophysique

## CORRECTION Séance n°9 – Semaine du 18/11/2013

### *Résonance Magnétique Nucléaire 1 – Zanca* Séance préparée par Hélène, Inès, Jeff et Karim (TSN)

#### QCM n°1 : E

- A. Faux : pas d'aimantation macroscopique (brownien = thermo-dépendant)
- B. Faux : C'est l'inverse... Plus l'échantillon est chaud, plus le  $B_0$  doit être élevé à cause de l'amplification des mouvements browniens.
- C. Faux : le paramagnétisme touche les électrons célibataires
- D. Faux : La-première partie est vraie : La RMN repose bien sur les spins nucléaires. Mais leur paramagnétisme de celui des électrons est plus fort. (idem pour diamagnétisme)
- E. **Vrai** :  $2S+1 = 6$

#### QCM n°2 : C, D

- A. Faux : Il est négatif pour le neutron.
- B. Faux : Le magnétisme global de l'électron est l'addition vectorielle du moment magnétique orbital et intrinsèque, qui sont eux-mêmes liés aux moments cinétiques orbital et intrinsèque.
- C. **Vrai** : c'est le quantum
- D. **Vrai**
- E. Faux : c'est l'inverse : magnéton de Bohr > magnéton nucléaire

#### QCM n°3 : B, C, E

- A. Faux : Les vecteurs  $\vec{\mu}$  et  $\vec{B}$  peuvent interagir par un produit scalaire, ce qui représente l'aspect énergétique. C'est l'interaction en tant que produit vectoriel qui explique cette précession.
- B. **Vrai**
- C. **Vrai** :  $m$  prend  $2s+1 = 8$  valeurs, avec  $s = 7/2$ .
- D. Faux : c'est dans le champ magnétique.
- E. **Vrai**

#### QCM n°4 : A, B, C, D, E

- A. **Vrai** : La somme des aimantations microscopiques  $\Leftrightarrow$  aimantation macroscopique
- B. **Vrai** :  $\vec{J} = X_m \cdot \vec{H}$ , avec  $J$  l'aimantation macroscopique ou intensité d'aimantation,  $X_m$  la susceptibilité magnétique et  $H$  le champ magnétisant.
- C. **Vrai** : Puisque  $X_m$  est sans unité (sans dimension),  $\vec{J}$  et  $\vec{H}$  s'expriment tous les deux en  $A \cdot m^{-1}$  (le champ magnétisant peut être externe ou pas...)
- D. **Vrai**
- E. **Vrai** :  $\vec{J} = X_m \cdot \frac{\vec{B}}{\mu}$

### QCM n°5 : C

- A. Faux : dans l'axe = sur l'axe, ils ne s'alignent jamais sur l'axe (c'est la résultante macroscopique qui s'aligne sur l'axe de  $B_0$ )  
B. Faux : c'est l'inverse !  
C. **Vrai.**  
D. Faux : Les composantes TRANSVERSALES microscopiques s'annulent. Dans cet univers la proportion des spins parallèles est supérieure à celle des spins antiparallèles : il y a donc une résultante longitudinale, l'apparition de cette résultante longitudinale constitue la phase de pousse.  
E. Faux : elle est toujours là et favorise l'entropie minimale dans le cas de basse température.

### QCM n°6 : B, D

- A. Faux : les spins s'orientent selon une configuration en bicône. La configuration oursin correspond à l'absence de champ magnétique suffisant.  
B. **Vrai.**  
C. Faux : exemple du  $^{14}\text{N}$  : 7 protons et 7 neutrons donc  $\text{spin} = 0,5 + 0,5 = 1$   
D. **Vrai.**  
E. Faux : vrai que pour les photons.

### QCM n°7 : A, C, E

- A. **Vrai** : 1 proton et 1 neutron célibataires donc  $S = 1/2 + 1/2 = 1$   
B. Faux : 6 protons et 6 neutrons appariés donc  $S = 0$   
C. **Vrai** : 6 protons appariés et 7 neutrons dont 1 célibataire donc  $S = 1/2$   
D. Faux : 8 protons et 8 neutrons appariés donc  $S = 0$   
E. **Vrai** : 20 protons appariés et 23 neutrons donc au minimum 1 neutron célibataire  $S > 0$   
*Remarque : pour l'item e, la valeur de S est 7/2, elle n'est pas à connaître, l'essentiel est de comprendre qu'à partir du moment où le spin est supérieur à 0, c'est-à-dire qu'au moins un proton ou un neutron est célibataire, la RMN sera possible à partir de ce noyau. (en pratique c'est trop compliqué...)*

### QCM n°8 : D

m prend  $(2s+1)$  valeurs de  $-s$  à  $+s$  par pas de 1. Dans notre cas,  $s = 5/2$  donc m prend  $2 \cdot \frac{5}{2} + 1$  valeurs soit 6 valeurs.

### QCM n°9 : A, D, E

m prend  $(2s+1)$  valeurs de  $-s$  à  $+s$  par pas de 1 donc dans l'intervalle  $[-5/2 ; 5/2]$  :  
Soit  $-5/2$   $-3/2$   $-1/2$   $1/2$   $3/2$   $5/2$

### QCM n°10 : B, D

$\omega_0 = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 44 \cdot 10^6 = 27,6 \cdot 10^7 \text{ rad.s}^{-1}$   
 $\omega_0$  pour 2,3 Tesla donc pour trouver  $\omega$  dans un champ de 4 Tesla il faut faire un produit en croix :  
$$\begin{array}{lcl} \omega_0 & \rightarrow & 2,3 \text{ T} \\ \omega & \rightarrow & 4 \text{ T} \end{array}$$
  
 $\Rightarrow \omega = \frac{\omega_0 \cdot 4}{2,3} = 48 \cdot 10^7 \text{ rad.s}^{-1} = 77 \cdot 10^6 \text{ tours.s}^{-1} = 46 \cdot 10^8 \text{ tours.min}^{-1}$

### QCM n°11 : A, D, E

$\eta = \gamma B_1 \tau \Rightarrow \gamma = \frac{\eta}{B_1 \cdot \tau}$   
 $\omega_0 = 2\pi \nu_0 = \gamma B_0$   
 $\omega_0 = \frac{\eta \cdot B_0}{B_1 \cdot \tau} = \frac{\frac{\pi}{3} \cdot 1}{26 \cdot 10^{-6} \cdot 1,17 \cdot 10^{-3}} = 34,42 \cdot 10^6 \text{ rad.s}^{-1} = 5,5 \cdot 10^6 \text{ tours.s}^{-1} = 32,9 \cdot 10^7 \text{ tours.min}^{-1}$   
A. **Vrai**  
B. Faux  
C. Faux  
D. **Vrai** :  $\nu_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = 5,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$   
E. **Vrai** : cf item D

### QCM n°12 : B

Puisque :  $w_0 = 2 \pi \cdot f_0 = 2\pi \cdot 7,63 \cdot 10^6 = 47,94 \cdot 10^6 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$

D'après l'équation de Larmor :  $w_0 = \gamma \cdot B_0 \Rightarrow \gamma = \frac{w_0}{B_0} = \frac{(47,94 \cdot 10^6)}{3} = 15,92 \cdot 10^6 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{T}^{-1}$

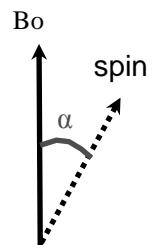
### QCM n°13 : C

A. Faux : On sait que  $\cos \alpha = \frac{m}{\sqrt{s(s+1)}}$  et que m peut prendre  $2s+1$  valeurs comprises entre  $[-s ; +s]$  par pas de 1.

Avec un  $s = \frac{3}{2}$  on a donc  $2s + 1 = 2 \cdot \frac{3}{2} + 1 = 4$  valeurs de m possibles :  $m = \{-\frac{3}{2}; -\frac{1}{2}; +\frac{1}{2}; +\frac{3}{2}\}$ .

En utilisant la formule ci-dessus, on trouve les angles suivants :

<b>Valeurs de m</b>	$-\frac{3}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$
<b>Angle correspondant <math>\alpha</math></b>	140,77°	104,96°	75°	39°



**NB : Pour avoir le plus petit angle, il suffit d'appliquer la formule avec m le plus grand.**

B. Faux : cf item A

C. **Vrai** : cf item A

D. Faux : cf item A

E. Faux : les spins ne s'alignent JAMAIS sur  $B_0$  car l'énergie est quantifiée par m (cf. cours)

### QCM n°14 : D

$\gamma = g \times \frac{e}{2m}$  donc si

$$\gamma(^1\text{H}) = 4 \gamma(^{13}\text{C})$$

$$g(^1\text{H}) \cdot \frac{e}{2m} = 4 \cdot g(^{13}\text{C}) \cdot \frac{e}{2m}$$

$$g(^1\text{H}) = 4 \times g(^{13}\text{C})$$

$$g(^1\text{H}) = 4 \times 1,395 = 5,58 \rightarrow \text{item D } \mathbf{Vrai}$$

Remarque : cette valeur est présente dans le cours mais ce genre de QCM peut être posé dans l'autre sens avec un noyau quelconque. De ce fait, la méthodologie est à comprendre.

## Correction des QCMs bonus

### QCM n°15 : C, D

- A. Faux : ils génèrent, dans le modèle orbital
- B. Faux : c'est le champ magnétique qui dépend du milieu
- C. **Vrai** mais il faut un champ magnétisant aussi – ex dans le vide, ça marche pas

D. **Vrai**

E. Faux : il est proportionnel  $L_{oe} = \mu_{oe} \cdot \frac{-2m_e}{e}$

### QCM n°16 : A, C

A. **Vrai** :  $S = 0$  [dans polycop]

Si on calcule (calcul faux) le spin du photon avec  $e = hv \rightarrow \text{spin} = 1$

Retenir  $S = \text{entier}$

B. Faux : entier, demi entier, nul

C. **Vrai** :  $\mu_s = \mu_{oe} \cdot g_s$

D. Faux : c'est le magnétisme orbital

E. Faux : des mouvements de précession

### QCM n°17 : C

A. Faux : les neutrons possèdent un spin et participe au magnétisme nucléaire

B. Faux : les spins combinés sont sans mélange

C. **Vrai** : attention au diamagnétisme (mais négligeable par rapport aux spins célibataires d'un noyau)

D. Faux : son spin est nul il n'est donc pas utilisable en RMN

E. Faux : le rapport gyromagnétique de H est supérieur

### QCM n°18 : A, D

A. **Vrai** :  $\vec{M} = i \cdot A \cdot \vec{n}$

avec  $i$  : intensité de courant parcourant la spire ;  $A$  : surface de la spire ;  $\vec{n}$  : vecteur unitaire sur l'axe de la spire.

B. Faux :  $\vec{L} = \vec{r} \wedge \vec{p}$  Or,  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ . La relation de proportionnalité ci-contre montre que si la masse augmente, le moment cinétique augmente.

C. Faux : Pour la majorité des matériaux, il n'y a pas d'aimantation permanente. Cette dernière est possible avec les matériaux ferromagnétiques.

D. **Vrai** : moment magnétique, qui oriente le moment cinétique

E. Faux : c'est l'inverse : Le magnéton Nucléaire correspond à des MHz, alors le magnéton de Bohr correspond à des GHz.

### QCM n°19 : A, D

A. **Vrai** : cf. cours

B. Faux : ce rapport dépend à la fois de la masse et de la charge de la particule, il est donc caractéristique d'une particule (proton, électron, ...).

C. Faux : il existe un facteur de Landé par particule, son calcul est basé sur les nombres quantiques qui sont donc différents pour chacune. Il est d'ailleurs sans dimension.

D. **Vrai** :  $L = \hbar \sqrt{s(s+1)}$

E. Faux : le neutron est un contre-exemple.

QCM n°20 : D

- A. Faux : la chaleur correspond à des mouvements browniens qui sont plus intenses si la température est élevée, cela entraîne donc une nécessité d'avoir un champ  $B_0$  plus intense pour orienter les spins.
- B. Faux : il correspond à la distorsion des doublets.
- C. Faux : il correspond à l'orientation des spins célibataires.
- D. **Vrai**
- E. Faux : ils sont repoussés par les aimants, ils ont un  $\chi$  négatif

QCM n°21 : A, D

**Pas de tout par cœur, COMPRENDRE !**

*Champ magnétisant externe ( $H$ ) :  $A.m^{-1}$*

*Champ magnétique (ou induction magnétique  $B$ ) : Tesla ou  $N.A^{-1}.m^{-1}$*

*Perméabilité magnétique  $\mu$  :  $N.A^{-1}$*

*Intensité d'aimantation  $J$  :  $A.m^{-1}$*

*Susceptibilité magnétique : pas d'unité !*

- A. **Vrai**
- B. Faux
- C. Faux
- D. **Vrai**
- E. Faux

QCM n°22 : B

- A. Faux : un champ magnétique résulte de la somme de champs magnétisants et d'une intensité d'aimantation.
- B. **Vrai** : une particule en mouvement possède un moment cinétique  $L = r \wedge P$  avec  $P$  la quantité de mouvement.
- C. Faux : il s'agit du facteur de Landé. Le rapport gyromagnétique lie les moments cinétique et magnétique.
- D. Faux :  $m_p = 1836 m_e$  mais  $\mu_e \sim 1000 \times \mu_p$
- E. Faux : Le neutron est composé de quarks qui sont des particules élémentaires chargées ce qui explique qu'il réagisse au champ magnétique alors que c'est une particule globalement neutre

QCM n°23 : A, B, C, D, E

- A. **Vrai** :  $|\mu| = \gamma_i \times \hbar \times \sqrt{s(s+1)}$
- B. **Vrai.**
- C. **Vrai.**
- D. **Vrai.** vrai même si on n'est pas dans un système de spin
- E. **Vrai.**

QCM n°24 : C, E

$m_s$  est compris entre  $[-s ; +s]$  par pas de 1. Donc  $m_s = -3/2 ; -1/2 ; 1/2 ; 3/2$