

# TUTORAT UE3 2011-2012 – Physique

## CORRECTION Séance supplémentaire

### *Magnétisme et RMN – Pr. M Zanca*

Séance préparée par Florentin Dambroise (ATM<sup>2</sup>)

#### QCM n°1: A-D-E

- VRAI** : ce noyau possède 15 protons (donc 1 proton célibataire) et 16 neutrons (0 neutron célibataire), le spin résultant est donc de  $\frac{1}{2}$ .
- FAUX** : cf. b.
- FAUX** :  $m=2s+1=2$  il y a donc deux façons possibles pour s'orienter.
- VRAI** : cf. c.
- VRAI** :  $\cos(\theta) = \frac{m}{\sqrt{s(s+1)}} = \frac{\pm 0,5}{\sqrt{0,5(0,5+1)}}$  donc  $\theta = \pm 54,7^\circ$ .
- FAUX**.

#### QCM n°2 : A-B-C

- VRAI** :
- VRAI** :
- VRAI** :  $\sin(x)$  est croissant de 0 à  $\frac{\pi}{2}$  donc la norme du vecteur augmente.  
 $\vec{\mu} \wedge \vec{B} = \mu \cdot B \cdot \sin(\vec{\mu}; \vec{B})$ .
- FAUX** : cf. c
- FAUX** : le spin doit être égal à  $\frac{1}{2}$  pour qu'il y ait partition sur deux niveaux d'énergie.
- FAUX**.

#### QCM n°3 : A-B-D

- VRAI** : le champ RF est appliqué à la résonance.
- VRAI** :
- FAUX** : le module de l'aimantation macroscopique se conserve lors de la bascule. Ce seront ses deux composantes qui verront leur module varier.
- VRAI** : cf. item c).
- FAUX** : l'aimantation ne met pas le même temps pour repousser que pour basculer (du fait que le rythme de la pousse est différent du rythme de la décroissance). En fait, après la bascule on ne s'intéresse plus à cette aimantation mais seulement à sa décomposition ( $\overrightarrow{ML}$  et  $\overrightarrow{MT}$ ).
- FAUX**.

#### QCM n°4 : C-D-E

- FAUX** :  $\eta = \gamma B_1 \tau$ , ici  $B_1$  est divisé par deux et  $\tau$  multiplié par deux donc  $\eta$  est inchangé.
- FAUX** : la fréquence est fixe car c'est elle qui permet de sélectionner les spins que l'ont veut basculer.
- VRAI** :  $\eta = \gamma B_1 \tau$  donc  $\gamma = \frac{\eta}{B_1 \tau} = 157 \cdot 10^6 \text{ SI}$ .
- VRAI** : la fréquence de la RF est de 50 MHz, étant donné qu'elle est appliquée à la résonance, on en déduit que  $\nu_0 = 50 \text{ MHz}$ .

$$2\pi\vartheta_0 = \gamma B_0 \text{ donc } B_0 = \frac{2\pi\vartheta_0}{\gamma} = 2T.$$

- e) **VRAI** :  $\eta = \gamma B_1 \tau = 157 \cdot 10^6 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-6} = \frac{3\pi}{2} = \frac{-\pi}{2}$ . Les deux aimantations sont de même intensité mais de sens opposé.  
 f) **FAUX**.

### QCM n°5 : B-E

- a) **FAUX** : le nombre de tour effectué par l'aimantation avant la bascule en 1 seconde est de :  
 $N = \vartheta_0 t = 10 \cdot 10^6 \text{ tr}$  soit  $3,6 \cdot 10^9$ .  
 b) **VRAI** : cf. a  
 c) **FAUX** :  $B_1$  est appliqué à la résonance, donc sa fréquence est de 10 MHz (à ne pas confondre avec  $\vartheta_1$  qui est la fréquence de nutation (rotation de l'aimantation autour de  $B_1$ )).  
 d) **FAUX** :  $\eta = \gamma B_1 \tau = \frac{2\pi\vartheta_0}{B_0} \cdot B_1 \tau = 0,47 \text{ rad}$ .  
 e) **VRAI** :  
 f) **FAUX**.

### QCM n°6 : D

- a) **FAUX** : les spins de ces deux noyaux est identiques (1/2) donc il y aura deux orientation possibles pour les deux.  
 b) **FAUX** : d'après LARMOR et du fait que les  $\gamma$  aient un rapport de 4, on en déduit que  $\vartheta_H = 4\vartheta_C$  donc  $\vartheta_C = \frac{42 \cdot 1,5}{4} \cdot 10^6 = 15,75 \cdot 10^6$ .  
 c) **FAUX** : le  $B_1$  n'est pas à la résonance ni pour les protons ni pour le carbone.  
 d) **VRAI** :  $\eta = \gamma B_1 \tau = \frac{2\pi\vartheta_0}{B_0} \cdot B_1 \tau = \frac{2\pi \cdot 42 \cdot 10^6 \cdot 1,5}{1,5} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-6} = \frac{\pi}{4} = 0,79$ .  
 e) **FAUX** : **1<sup>ère</sup> méthode** : le carbone n'a qu'un seul spin célibataire, c'est ce dernier qui est responsable des propriétés magnétiques.

$$\gamma_H = g_H \frac{e}{-2m_p} \text{ et } \gamma_C = g_C \frac{e}{-2m_p} \text{ (car il n' ya qu'un seul spin).}$$

En utilisant ce rapport :

$$\frac{\gamma_H}{\gamma_C} = \frac{g_H}{g_C} = 4 \text{ donc } g_C = \frac{5,58}{4} = 1,4.$$

**2<sup>ème</sup> méthode** :  $\gamma_H = g_H \frac{e}{-2m_p}$   $\gamma_C = g_C \frac{13e}{-13 \cdot 2m_p} = g_C \frac{e}{-2m_p}$  on prend toutes les particules générant du magnétisme nucléaire (il ne faut pas oublier les neutrons, qui même s'ils ne sont pas chargés possèdent un rapport gyromagnétique du même type que le proton.)

En utilisant ce rapport :

$$\frac{\gamma_H}{\gamma_C} = \frac{g_H}{g_C} = 4 \text{ donc } g_C = \frac{5,58}{4} = 1,4.$$

- f) **FAUX**.

### QCM n°7 : A

$$MT_A = M_{0A} e^{-te/T_{2A}}$$

et

$$MT_B = M_{0B} e^{-te/T_{2B}}$$

$$MT_A = M_{LA} \sin(\eta) e^{-te/T_{2A}}$$

$$MT_B = M_{LB} \sin(\eta) e^{-te/T_{2B}}$$

Comme la pousse  $> 5T_1$  et que la bascule est de  $90^\circ$ :

$$MT_A = M_{0A} e^{-te/T_{2A}}$$

$$MT_B = M_{0B} e^{-te/T_{2B}}$$

$$\frac{1}{10} = e^{-te/T_{2A}}$$

$$\frac{1}{4} = e^{-te/T_{2B}}$$

En appliquant la fonction  $\ln(x)$  :

$$te = T_{2A} \ln(10) \text{ et } te = T_{2B} \ln(4) \text{ donc } \frac{T_{2A}}{T_{2B}} = \frac{\ln(4)}{\ln(10)} = 0,60.$$

### QCM n°8 : C

L'isosignal correspond à :

$$MT_A = MT_B$$

$$MT_{0A} e^{-\frac{te}{T_{2A}}} = MT_{0B} e^{-\frac{te}{T_{2B}}}$$

$$ML_A e^{-\frac{te}{T_{2A}}} \sin(\eta) = ML_B e^{-\frac{te}{T_{2B}}} \sin(\eta).$$

La pousse a une durée supérieure à  $5T_1$  et la bascule est de  $90^\circ$ , donc :

$$M_{0A} e^{-\frac{te}{T_{2A}}} = M_{0B} e^{-\frac{te}{T_{2B}}}$$

$$0,8 M_{0B} e^{-\frac{te}{T_{2A}}} = M_{0B} e^{-\frac{te}{T_{2B}}}.$$

En appliquant la fonction  $\ln(x)$  :

$$\ln(0,8) - \frac{te}{T_{2A}} = -\frac{te}{T_{2B}}$$

$$\ln(0,8) = -\frac{te}{T_{2B}} + \frac{te}{T_{2A}}$$

$$\ln(0,8) = -\frac{2te}{2T_{2B}} + \frac{te}{2T_{2B}}$$

$$\ln\left(\frac{5}{4}\right) = \frac{te}{2T_{2B}} \text{ donc } te = \ln\left(\frac{5}{4}\right) \cdot 2 \cdot T_{2B} = 89 \text{ms}$$

### QCM n°9: B-C-E

- a) FAUX : T2 rythme la décroissance de l'aimantation transverse.
- b) **VRAI** : cf. item a).
- c) **VRAI** :
- d) FAUX : le T2 est grand.
- e) **VRAI** : cas de la corticale osseuse.
- f) FAUX

### QCM n°10: C

- a) FAUX :
- b) FAUX : On ne peut pas conclure sur le rapport des T2 car la cinétique est exponentielle.

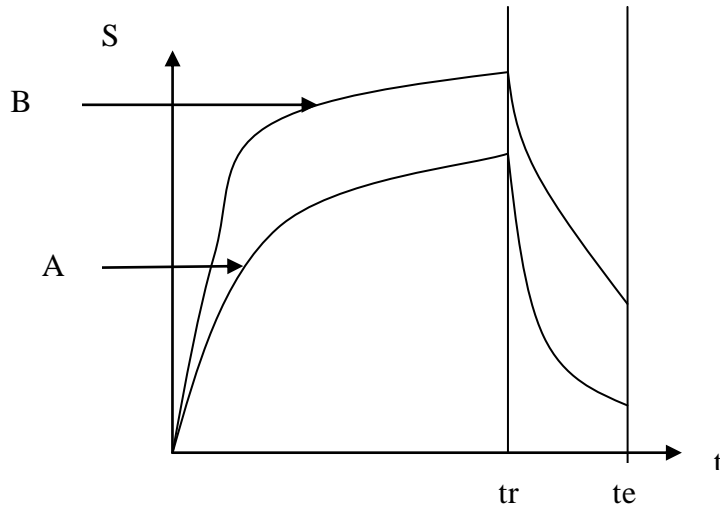
**Explication :** En fait, si  $T_{2B} = 5T_{2A}$  la décroissance de l'aimantation A **met 5 fois moins de temps** pour arriver à un même niveau que l'aimantation B. Mais la cinétique de décroissance de l'aimantation A **N'est PAS 5 fois plus rapide (dans le QCM on s'intéressait à cet aspect cinétique).**

**Pour résumer ça met 5 fois moins de temps pour arriver à un même niveau mais ce n'est pas 5 fois plus rapide.**

**Il ne faut pas confondre la vitesse et le temps pour arriver à un même niveau.**

**Il ne posera pas la question de cette manière au concours. Il faut néanmoins faire attention à cette subtilité.**

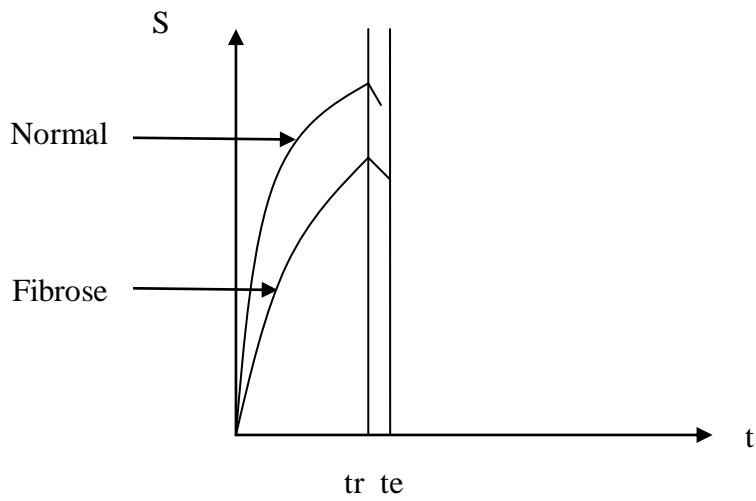
- c) **VRAI** :



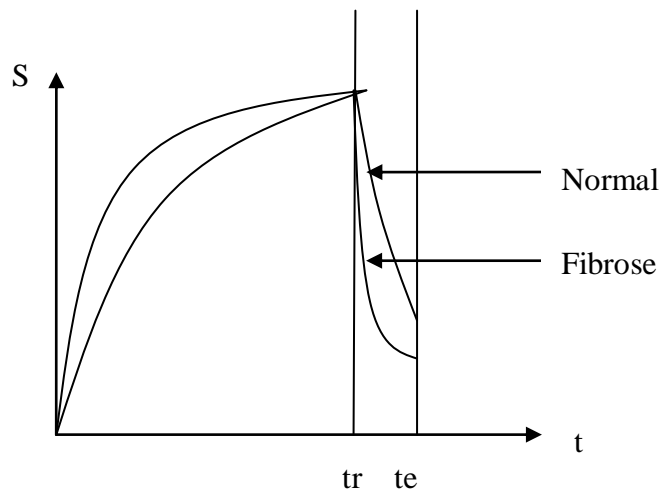
- d) FAUX : cf. c
- e) FAUX : cf. c.
- f) FAUX.

**QCM n°11 : A-C-D-E**

a) **VRAI** : Pondération T1 :



b) **FAUX** :



c) **VRAI** : cf. b.

- d) **VRAI** : les deux tissus ont la même hydratation cad le même  $M_0$  donc il y aura un isosignal.
- e) **VRAI** :  $M_0$  intervient toujours dans le signal que peut donner un tissu, toutes pondérations en dépend donc.
- f) **FAUX**.

**QCM n°12: B-C-E**

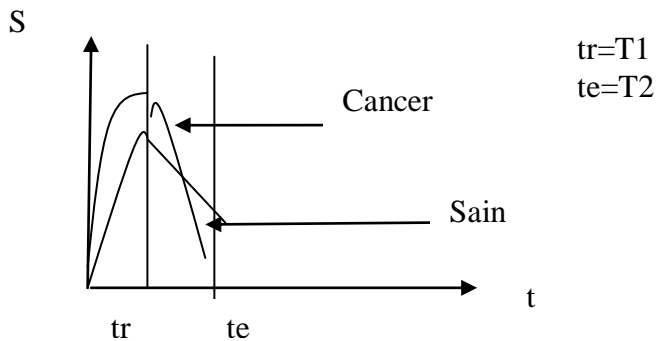
- a) **FAUX** :
- b) **VRAI** :
- c) **VRAI** : les T1 et T2 sont diminués.
- d) **FAUX** : cf. c.
- e) **VRAI** :
- f) **FAUX**.

**QCM n°13: B-D-E**

- a) **FAUX** : Le produit de contraste se concentre plus dans les tissus tumoraux, de ce fait les temps de relaxation en seront d'autant plus diminués.

Le T1 du tissu tumoral étant inférieur au T1 du tissu sain, en pondération T1 le tissu tumoral est en hypersignal.

- b) **VRAI** : cf.a
- c) **FAUX** : le T2 du tissu tumoral est inférieur au T2 du tissu sain, de ce fait, le tissu tumoral est en hyposignal.
- d) **VRAI** : cf.
- e) **VRAI** :



- f) **FAUX**.

**QCM n°14: B-C-E**

- a) **FAUX** :  $\eta = \gamma B_1 \tau = \frac{2\pi \theta_0}{B_0}$ .  $B_1 \tau = \frac{\pi}{2}$  rad.
- b) **VRAI** : cf. a
- c) **VRAI** :  $MT = MT_0 e^{-te/T_2} = 0,37 MT_0$   
 Mais :  $MT = M_L \sin(\eta) e^{-te/T_2}$ . Comme la pousse  $> 5T_1$  et que la bascule est de  $90^\circ$ :  
 $MT = M_0 e^{-te/T_2} = 0,37 M_0$ .
- d) **FAUX** : cf. c.
- e) **VRAI** : cf. c
- f) **FAUX**.

**QCM n°15: B-C**

- a) **FAUX** : non on pourra les différencier également en pondération T1 et T2 à condition de choisir des tr et te adaptés.
- b) **VRAI** : le T1 est le plus petit.
- c) **VRAI** : le T1 du tissu 2 est plus petit que celui du tissu 1, tandis que son  $M_0$  est plus grand; par conséquent c'est le tissu 2 qui sera en hypersignal.

- d) FAUX : le T1 du tissu pathologique est plus petit que le tissu sain 2, tandis que son  $M_0$  est plus grand; par conséquent, le tissu sera pathologique est en hypersignal.
- e) FAUX : le tissu pathologique a le  $M_0$  le plus élevé et le T1 le plus petit, il est donc toujours en hypersignal par rapport aux autres tissus et ne sera jamais en isosignal en pondération T1.
- f) FAUX.

**QCM n°16: A-C-E**

- a) **VRAI** : pour résoudre ce genre d'exercice il faut utiliser la formule du signal :

$$S = kM_0 (1 - e^{-\frac{tr}{T1}}) e^{-\frac{te}{T2}} \sin(\eta) \cos(\omega_0 t + \varphi).$$

Il s'agit d'une pondération T2, la différence entre les signaux dépend de  $M_0 e^{-\frac{te}{T2}}$ .

$$M_0 e^{-\frac{te}{T2}} (\text{patho}) = 0, 51$$

$$M_0 e^{-\frac{te}{T2}} (\text{sain 1}) = 0, 36$$

$$M_0 e^{-\frac{te}{T2}} (\text{sain 2}) = 0, 11$$

- b) FAUX : cf. a
- c) **VRAI** : cf. a.
- d) FAUX : cf. a.
- e) **VRAI** : tout signal comporte de l'information  $M_0$ .
- f) FAUX.

**QCM n°17: A-C**

- a) **VRAI** : la pousse est plus rapide pour le tissu A, de ce fait le T1 est inférieur à celui du tissu B.
- b) FAUX : cf. a.
- c) **VRAI** : comme le tissu A a un T1 plus petit que le tissu B, il sera en hypersignal lors d'une pondération T1.
- d) FAUX : cf. c.
- e) FAUX : le tissu A atteindra en premier l'équilibre car son T1 est le plus petit.
- f) FAUX.

**QCM n°18 : A-B-D-E**

- a) **Vrai.**
- b) **Vrai.**
- c) Faux : Pour résoudre ce genre d'exercice il faut utiliser la formule du signal :  

$$S = kM_0 (1 - e^{-\frac{tr}{T1}}) e^{-\frac{te}{T2}} \sin(\eta) \cos(\omega_0 t + \varphi).$$
 Il s'agit d'une pondération T1 donc les différences entre les signaux dépendent du rapport  $M_0 (1 - e^{-\frac{tr}{T1}})$  (l'angle de bascule étant le même, il ne sert à rien.).

Pour le LCR :  $S = 0,33$

Pour la SB :  $S = 0,4$

Pour la SG :  $S = 0,5$

- d) **Vrai** : Même principe que pour l'item c.
- e) **Vrai** : On utilise la formule du signal dans sa quasi-totalité :  $S = M_0 (1 - e^{-\frac{tr}{T1}}) e^{-\frac{te}{T2}}$ .  
 Pour la SB :  $S = 0,08$   
 Pour la SG :  $S = 0,11$
- f) FAUX

### QCM n°19 : B-C

- a) Faux : Le  $t_2$  est supérieur à 5 fois le  $T_1$  le plus grand est le  $t_2$  de l'ordre des  $T_2$ , il s'agit donc d'une pondération  $T_2$ .
- b) **Vrai.**
- c) **Vrai** : Il s'agit d'une pondération  $T_2$ , la différence entre les signaux dépend de  $M_0 e^{-\frac{t}{T_2}}$ .  
Pour le LCR :  $S=0,94$   
Pour la SG :  $S=0,2$
- d) Faux.
- e) Faux: L'os cortical est n'est pas visible en IRM ( $T_1$  trop grand et  $T_2$  trop petit).
- f) Faux

### QCM n°20 : B-D-E

- a) Faux: Le rapport des  $\gamma$  étant de 4, d'après LARMOR le rapport des fréquences est de 4 donc la fréquence de l'aimantation de l'hydrogène est plus élevée que celle du carbone. Son aimantation prend donc de l'avance.
- b) **Vrai.**
- c) Faux :  $\omega_H - \omega_C = 2\pi(\nu_H - \nu_C) = \frac{\Delta\theta}{t'} = 2\pi(\nu_H - \frac{\nu_H}{4}) = 2\pi \cdot 3 \cdot \frac{\nu_H}{4}$  donc  $\Delta\theta = 2\pi \cdot 3 \cdot \frac{\nu_H}{4} \cdot 8 \cdot 10^{-9} = 2\pi \cdot 0,75 \cdot 42 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^{-9} = \frac{\pi}{2}$
- d) **Vrai**
- e) **Vrai** :  $\omega_H - \omega_C = 2\pi(\nu_H - \nu_C) = \frac{\Delta\theta}{t'}$  avec  $\Delta\theta = 2\pi$  donc  $t' = \frac{2\pi}{2\pi \cdot 0,75 \cdot \nu_H} = 32 \text{ ns}$ .
- f) Faux

### QCM n°21 : D

L'isosignal correspond à :

$$MT_A = MT_B$$

$$M_{0A} e^{-\frac{t}{T_{2A}}} = M_{0B} e^{-\frac{t}{T_{2B}}}$$

$M_{0A} e^{-\frac{t}{T_{2A}}} \sin(\eta) = M_{0B} e^{-\frac{t}{T_{2B}}} \sin(\eta)$ . La pousse a une durée supérieure à  $5T_1$  et la bascule de  $90^\circ$ . On peut donc assimiler  $MT$  à  $ML$  et  $ML$  à  $M_0$ .

$$0,5 M_{0B} e^{-\frac{t}{T_{2A}}} = M_{0B} e^{-\frac{t}{T_{2B}}} \text{ en appliquant la fonction } \ln(x)$$

$$\ln(0,5) \frac{t}{T_{2A}} = -\frac{t}{T_{2B}}$$

$$\ln(0,5) = -\frac{t}{T_{2B}} + \frac{t}{T_{2A}}$$

$$\ln(0,5) = -\frac{4t}{4T_{2B}} + \frac{t}{4T_{2B}}$$

$$\ln(2) = \frac{3t}{4T_{2B}} \text{ donc } T_{2B} = \frac{3t}{4 \cdot \ln(2)} = 200 \text{ ms donc } T_{2A} = 800 \text{ ms.}$$

### QCM n°22: A-B-D

- a) **Vrai** :  $2\pi\nu = \gamma B_0$  donc  $\gamma = \frac{2\pi\nu}{B_0} = 263 \cdot 10^6 \text{ SI}$ .
- b) **Vrai** :  $\omega_0 = \gamma B_0 = 396 \cdot 10^6 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- c) Faux
- d) **Vrai** :  $\eta = \gamma B_1 \tau = 263 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \cdot 10^{-6} = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$ .
- e) Faux :  $\eta = \pi \text{ rad}$ .
- f) Faux.