

# TUTORAT UE3 2011-2012 – Physique

## Séance supplémentaire RMN

### **Magnétisme et RMN – Pr. M Zanca**

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

*NB : Ces QCMs ont été relus et corrigés par Mr Zanca lors du SPR 2011-2012.*

#### QCM 1: On s'intéresse à la RMN du $^{31}_{15}\text{P}$ :

- Le spin résultant de ce noyau est compatible avec une valeur de  $\frac{1}{2}$ .
- Le spin résultant de ce noyau est compatible avec une valeur de 1.
- Le moment magnétique peut s'orienter de 3 façons, lors de l'application d'un champ magnétique  $B_0$  intense.
- Le moment magnétique peut s'orienter de 2 façons, lors de l'application d'un champ magnétique  $B_0$  intense.
- Dans un champ magnétique intense, le plus petit angle possible entre le moment magnétique et le champ magnétique est  $54,7^\circ$ .
- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

#### QCM 2: Concernant les interactions vectorielles entre $\vec{\mu}$ et $\vec{B}$ :

- Les vecteurs  $\vec{\mu}$  et  $\vec{B}$  peuvent interagir par un produit scalaire, ce qui représente l'aspect énergétique.
- Les vecteurs  $\vec{\mu}$  et  $\vec{B}$  peuvent interagir par un produit vectoriel, c'est ce qui explique la précession des  $\vec{\mu}$  autour de  $\vec{B}$ .
- Le vecteur résultant du produit vectoriel,  $\vec{I}$  voit son module augmentée lorsque l'angle augmente de  $0^\circ$  à  $90^\circ$ .
- Le vecteur résultant du produit vectoriel,  $\vec{I}$  voit son module diminuée lorsque l'angle augmente de  $0^\circ$  à  $90^\circ$ .
- L'interaction du moment magnétique  $\vec{\mu}$  d'une particule de spin égal à 1 avec le champ magnétique  $\vec{B}$  provoque la séparation des spins sur deux niveaux d'énergie : c'est l'effet Zeeman nucléaire.
- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

#### QCM n°3: Le champ radiofréquence $B_1$ :

- Doit posséder une fréquence égale à la fréquence de précession des spins.
- Entraine la bascule de l'aimantation macroscopique par nutation.
- L'aimantation macroscopique voit alors son module diminuer.
- L'aimantation macroscopique conserve son module au cours de la bascule.
- Après la bascule, l'aimantation basculée met, pour revenir à sa position originale, autant de temps qu'elle a mis pour basculer.
- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM 4 :** Une impulsion de champ RF d'intensité  $B_1 = 1\text{mT}$ , de fréquence 50 MHz et de durée  $\tau = 10\mu\text{s}$  permet la bascule d'une aimantation d'un angle  $\eta = \frac{\pi}{2}$  :

- a) Une RF de même fréquence, d'intensité  $500\mu\text{T}$  et de durée  $\tau = 20\mu\text{s}$  permet une bascule de  $\pi$  rad.
- b) Pour un même champ magnétique  $B_0$ , en doublant la fréquence de la RF, on double la vitesse de nutation.
- c) Le  $\gamma$  des noyaux basculés est de  $157.10^6$  SI.
- d) Le champ magnétique dans lequel sont plongés les noyaux est de 2T.
- e) Un  $B_1$  de 1,5mT appliqué pendant  $20\mu\text{s}$  fournira une aimantation transverse de même intensité.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM 5:** L'aimantation macroscopique d'un voxel précesse à 10 MHz dans un champ magnétique statique  $B_0$  de 2T. On applique alors un champ radiofréquence de 1mT pendant 15  $\mu\text{s}$ :

- a) Avant la bascule, l'aimantation aura effectué  $10.10^6$  rad en 1 seconde autour de  $B_0$ .
- b) Avant la bascule, l'aimantation aura effectué  $3,6.10^9$  degrés en 1 seconde autour de  $B_0$ .
- c) La fréquence propre de  $B_1$  est de 5 kHz.
- d) L'angle de nutation est de  $\frac{\pi}{2}$  rad.
- e) A la fin de la bascule, l'aimantation transverse disparaît en précessant à la fréquence de 10 MHz autour de  $B_0$ .
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°6 :** On s'intéresse aux noyaux de  $^1\text{H}$  et de  $^{13}\text{C}$  placés dans un champ magnétique  $B_0$  de 1,5T. Le rapport gyromagnétique de l'hydrogène est 4 fois supérieur à celui du carbone. La fréquence de précession du  $^1\text{H}$  est de 42 MHz/T. On en déduit que :

- a) Les spins du carbone auront plus d'orientations possibles par rapport à  $B_0$  que ceux de l'hydrogène car il y a plus de nucléons.
- b) Placés dans  $B_0$  les spins du carbone précessent à 10,5 MHz.
- c) Un  $B_1$  de fréquence 20 MHz, de 1mT appliqué pendant 6  $\mu\text{s}$  entraîne une bascule de  $\frac{\pi}{2}$  des spins du proton et du carbone.
- d) Avec un  $B_1$  de fréquence adaptée et d'intensité de 1 mT, il faudra 3  $\mu\text{s}$  pour basculer l'aimantation du proton de  $\frac{\pi}{4}$  rad.
- e) Sachant que la facteur de Landé du proton est de 5,58 celui du carbone 13 est de 3.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°7 :** Lors d'une expérience de RMN, on considère deux tissus A et B de densité en protons respectives  $M_{0A}$  et  $M_{0B}$ . Après un temps de repousse supérieur à cinq fois le T1 le plus grand, on applique une impulsion RF permettant de faire une bascule de  $90^\circ$ . Le signal de RMN mesuré après un temps d'écho te montre que  $M_{TA} = M_{0A}/10$  et  $M_{TB} = M_{0B}/4$ . Le rapport  $T_{2A}/T_{2B}$  est de :

- a) 0,60.
- b) 0,40.
- c) 1,67.
- d) 2,50.
- e) Il est impossible de déterminer ce rapport par manque de données.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°8 :** Lors d'une expérience de RMN, on considère deux tissus A et B de densité en protons respectives  $M_{0A}$  et  $M_{0B}$  tels que  $M_{0A} = 0,8 M_{0B}$ . Après un temps de repoussé supérieur à cinq fois le T1 le plus grand, on applique une impulsion RF permettant de faire une bascule de  $90^\circ$ . Sachant que  $T_{2A} = 400\text{ms}$  et  $T_{2B} = 200\text{ms}$ , pour quel te se produit l'isosignal?

- a) 60 ms.
- b) 179 ms.
- c) 89 ms.
- d) 45 ms.
- e) Il n'y a pas d'isosignal.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°9 :** A propos des temps de relaxation:

- a) T1 rythme la pousse de l'aimantation transverse.
- b) T2 rythme la décroissance de l'aimantation transverse.
- c) Plus un tissu est visqueux, plus le T2 est petit.
- d) Plus un tissu est fluide, plus le T2 est petit.
- e) Un tissu très visqueux aura un T1 élevé et T2 petit.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°10 :** Considérons deux tissus A et B non lipidiques placés dans un champ magnétique intense  $B_0$ . Le tissu B est plus hydraté que le tissu A. L'aimantation transverse du tissu A disparaît 5 fois plus vite que celle du tissu B.

On en déduit que:

- a)  $T_{2A} = 5T_{2B}$
- b)  $T_{2B} = 5T_{2A}$
- c) En pondération T2, le tissu A apparaîtra en *hyposignal* par rapport au tissu B.
- d) En pondération T2, le tissu B apparaîtra en *hyposignal* par rapport au tissu A.
- e) Il y a un risque d'*isosignal* lors d'une pondération T2.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°11 :** La fibrose d'un tissu entraîne une augmentation du T1 et une diminution du T2. La densité de spins est supposée inchangée.

Par rapport au tissu sain, le tissu fibrosé apparaîtra :

- a) En *hyposignal* lors d'une pondération en T1.
- b) En *hypersignal* lors d'une pondération en T2.
- c) En *hyposignal* lors d'une pondération en T2.
- d) Il y a un *isosignal* lors d'une pondération en  $M_0$ .
- e) Qu'importe la pondération, il y aura toujours du  $M_0$ .
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°12 :** Vous recevez un patient se plaignant de douleurs abdominales. Au cours de l'interrogatoire vous remarquez une haleine alcoolisée et une teinte ictérique. L'examen clinique vous révèle la présence d'angiomes stellaires et un flapping trémor. La palpation du foie vous révèle un bord tranchant. Pour vous la cirrhose ne fait aucun doute. Néanmoins vous devez vérifier à l'aide d'une IRM avec produit de contraste, l'éventuelle présence d'un hépatocarcinome.

Le produit de contraste se concentre dans les cellules de Küpfer (qui sont plus actives dans les tissus tumoraux). Il modifie les T1 et T2 en T1' et T2' tels que :

$T_i'/T_i = 1/(1 + T_i \cdot r_i \cdot C)$  avec  $i=1$  ou  $2$ ,  $r_i$  un nombre positif et  $C$  la concentration locale du produit. L'hydratation n'est pas modifiée.

- a) Les produits de contraste amènent leur contraste par leur richesse en protons.
- b) Les produits de contraste amènent leur contraste par leur richesse en électrons célibataires.
- c) Ce produit de contraste accélère les T1 et T2 des tissus.
- d) Ce produit de contraste ralentit les T1 et T2 des tissus.
- e) En présence du produit de contraste T1 et T2 diminuent.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°13 (suite) :** S'il s'agit réellement d'un cancer, comment se manifesteraient les tissus?

- a) En pondération T1, le tissu tumoral apparaîtrait en *hyposignal* par rapport au tissu sain.
- b) En pondération T1, le tissu sain apparaîtrait en *hyposignal* par rapport au tissu tumoral.
- c) En pondération T2, le tissu tumoral apparaîtrait en *hypersignal* par rapport au tissu sain.
- d) En pondération T2, le tissu tumoral apparaîtrait en *hyposignal* par rapport au tissu sain.
- e) Il existe une combinaison des paramètres de séquence donnant un *isosignal* du tissu pathologique par rapport au tissu sain par compensation des effets  $T_1$  et  $T_2$ .
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°14 :** On applique sur les noyaux d'hydrogène d'un tissu un champ RF de fréquence adaptée, de  $50 \mu\text{T}$  pendant  $120 \mu\text{s}$ .

On rappelle que la fréquence de résonance de ces noyaux est de  $42 \text{ MHz/T}$ .

- a) L'angle de bascule est de  $\frac{\pi}{4}$  rad.
- b) L'angle de bascule est de  $\frac{\pi}{2}$  rad.

On réalise une pondération T2 (dont l'étape de bascule est identique à la première partie de ce QCM),  $t_e = 200 \text{ ms}$  et  $T_2 = 200 \text{ ms}$ . On en déduit que:

- c)  $MT = 0,37 MT_0$ .
- d)  $MT = 0,63 MT_0$ .
- e)  $MT = 0,37 M_0$ .
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°15 :** Au cours d'une expérience de RMN, on considère un tissu tumoral et deux tissus sains placés dans un champ magnétique  $B_0$  intense. Les paramètres RMN des protons qui les constituent sont les suivants :

	$M_0$	$T_1$	$T_2$
<b>Tissu pathologique</b>	1	1s	300 ms
<b>Tissu Sain 1</b>	0,6	4s	400 ms
<b>Tissu Sain 2</b>	0,8	2s	100 ms

- Seule une pondération  $M_0$  permet d'étudier ces tissus.
- En pondération  $T_1$ , le tissu pathologique apparaît en *hypersignal* par rapport aux deux autres tissus.
- En pondération  $T_1$ , le tissu sain 1 apparaît en *hyposignal* par rapport au tissu sain 2.
- En pondération  $T_1$ , le tissu pathologique apparaît en *hyposignal* par rapport au tissu sain 2.
- Il y a un risque d'*isosignal* entre le tissu pathologique et le tissu sain 2, en pondération  $T_1$ .
- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°16 (suite) :** On réalise une pondération  $T_2$ , les paramètres de séquences sont  $tr = 20s$  et  $te = 200 ms$ .

- Le tissu pathologique a le signal le plus élevé.
- Le tissu sain 1 est en *hypersignal* par rapport au tissu pathologique.
- Le tissu sain 1 est en *hypersignal* par rapport au tissu sain 2.
- Dans cette séquence, il y a un risque d'*isosignal* entre deux tissus.
- Les différents signaux sont influencés par  $M_0$ .
- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM n°17 :** On s'intéresse à deux tissus A et B de même densité de protons. Le tissu A met deux fois moins de temps pour atteindre  $M_0/4$  que le tissu B. On en déduit que :

- $T_{1A}$  est inférieur à  $T_{1B}$ .
- $T_{1A}$  est supérieur à  $T_{1B}$ .
- En pondération  $T_1$ , le tissu A apparaît en *hypersignal* par rapport au tissu B.
- En pondération  $T_1$ , le tissu B apparaît en *hypersignal* par rapport au tissu A.
- L'aimantation du tissu B mettra deux fois moins de temps pour atteindre  $M_0$  que celle du tissu A.
- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

QCM n°18 :

Vous recevez en urgence un jeune boxeur se plaignant de violentes céphalées à la suite d'un coup reçu lors de son dernier combat. Immédiatement, vous lui faites passer une IRM.

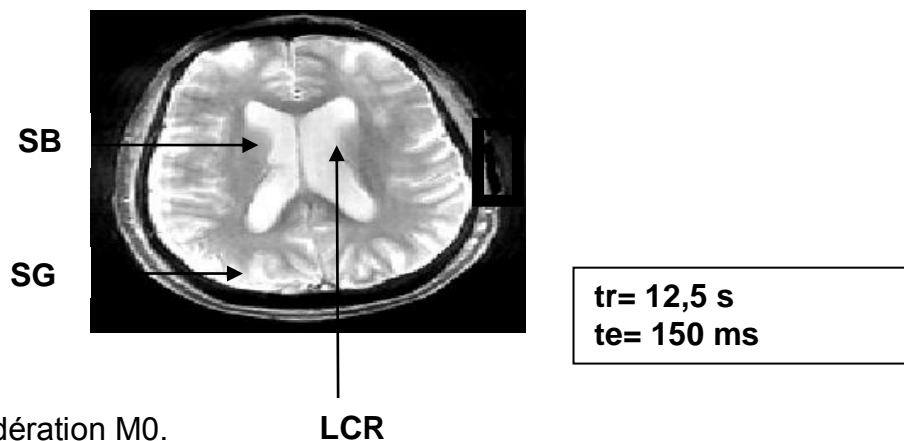
Dans une première partie on s'intéresse aux propriétés magnétiques des tissus composant le cerveau.

	$M_0$	$T_1$	$T_2$
Substance Blanche	0,5	500 ms	100 ms
Substance Grise	0,7	800 ms	120 ms
LCR	1	2500 ms	2500 ms

- a) En pondération  $M_0$ , le LCR apparaît en *hypersignal* par rapport aux autres tissus.
- b) Il y a des risques d'*isosignal* en pondération  $T_1$ .
- c) Si  $tr = 1000$  ms et  $te = 10$  ms, le LCR aura le signal le plus élevé.
- d) Si  $tr = 2000$  ms et  $te = 10$  ms, la substance grise apparaîtra en *hypersignal* par rapport au LCR.
- e) Si  $tr = 650$  ms et  $te = 150$  ms, la substance grise apparaîtra en *hypersignal* par rapport à la substance blanche.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

QCM n°19 :

Dans un deuxième temps on s'intéresse au cliché obtenu :



- a) Il s'agit d'une pondération  $M_0$ .
- b) Il s'agit d'une pondération  $T_2$ .
- c) Le LCR est en *hypersignal* par rapport à la substance grise.
- d) Le LCR est en *hyposignal* par rapport à la substance blanche.
- e) La partie encadrée sur le cliché correspond à une fracture de l'os temporal.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

QCM n°20 :

On place des noyaux d'  $^1H$  et de  $^{13}C$  dans un champ magnétique  $B_0$  de 1 T. On laisse pousser les aimantations pendant un temps adéquat puis, on les bascule avec des champs RF de fréquences adaptées. Les aimantations transverses obtenues parcourent en précessant à leur fréquence de résonance pendant un temps  $t$ , un angle  $\theta_i$ . Les aimantations en phase au départ se déphasent de  $\Delta\theta$  au bout d'un temps appelé  $t'$ .

On rappelle que  $\frac{\gamma_H}{\gamma_C}=4$  et que  $\vartheta_H=42\text{MHz/T}$ .

- a)  $MT_H$  prend du retard sur  $MT_C$ .
- b)  $MT_H$  prend de l'avance sur  $MT_C$ .
- c) Au bout de 8 ns, les deux aimantations seront déphasées de  $\frac{\pi}{4}$  rad.
- d) Au bout de 8 ns, les deux aimantations sont déphasées de  $\frac{\pi}{2}$  rad.
- e) Pour  $t'=32$  ns, les deux aimantations sont à nouveau en phase.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

QCM n°21 :

Au cours d'une expérience de RMN, on considère deux tissus A et B. Une pondération adaptée informe que  $\frac{M_{OA}}{M_{OB}}=0,5$ . Avec un temps de repousse très élevé par rapport aux T1 des deux tissus, une bascule à  $90^\circ$ , on remarque au cours de la phase de relaxation un isosignal au temps d'écho  $t_e = 185$  ms.

On sait par ailleurs que  $\frac{T_{2A}}{T_{2B}} = 4$ . Quelle est la valeur de T2A?

- a) 200 ms.
- b) 100ms.
- c) 300 ms.
- d) 800ms.
- e) La détermination est impossible, il n'y a pas d'isosignal.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.

QCM n°22 :

On réalise une expérience de RMN sur des noyaux d'  $^1H$ . Ces noyaux résonnent à 63 MHz dans un champ magnétique de 1,5T.

- a) Le rapport gyromagnétique est de  $263.10^6$  SI.
- b) La vitesse angulaire est de  $396.10^6$  rad.s $^{-1}$ .
- c) La vitesse angulaire est de  $263.10^6$  rad.s $^{-1}$ .
- d) L'application d'un champ radiofréquence  $B_1$  de fréquence adaptée de  $100 \mu\text{T}$  appliqué pendant  $30 \mu\text{s}$  bascule les spins d'un angle de  $\frac{\pi}{4}$  rad.
- e) L'application d'un champ radiofréquence  $B_1$  de fréquence adaptée de  $400 \mu\text{T}$  appliqué pendant  $30 \mu\text{s}$  bascule les spins d'un angle de  $\frac{\pi}{2}$  rad.
- f) Toutes les propositions précédentes sont fausses.