

TUTORAT UE 3a 2014-2015 – Biophysique

CORRECTION Séance n°7 – Semaine du 03/11/2014

RMN 2
Pr. Zanca

QCM n°1 : A, D, E

- Vrai.** On rappelle que dans les tissus biologiques, $T_1 = 10.T_2$ (pour donner un ordre d'idée).
- Faux.** T_1 est le temps qui rythme la repousse de l'aimantation longitudinale. Plus ce temps est petit, plus la vitesse de croissance est grande.
- Faux.** T_1 rythme l'échange de chaleur spin-réseau (on revient à l'équilibre, sous B_0 , en perdant de l'excès de chaleur) alors que T_2 rythme l'échange d'énergie spin-spin (déphasage). [Attention, quand on parle d'échanges spin-réseau, on sous-entend que les échanges se réalisent entre les spins constituant le réseau et les spins du système de spin.]
- Vrai.** En jouant sur les paramètres extrinsèques, on réalise des pondérations qui nous permettent de distinguer des tissus d'hydratation et de temps de relaxation (= paramètres intrinsèques) différents. Si le tissu est altéré (ex : cancer, fibrose) ces paramètres intrinsèques peuvent être modifiés.
- Vrai.** Le but du produit de contraste est d'améliorer l'acquisition d'une image. Un élément paramagnétique aura un moment magnétique dipolaire très fort permanent, permettant d'avoir une aimantation forte et donc un signal fort (exemple : complexe de Gadolinium).
- F.

QCM n°2 : C, D

- Faux.** Les spins de niveau énergétique β correspondent aux spins down alors que les spins de niveau énergétique α correspondent aux spins up. Cependant le niveau d'énergie β est supérieur au niveau d'énergie α ce qui justifie l'orientation des spins down, d'où l'apparition d'une aimantation macroscopique longitudinale M_L .
- Faux.** $\Delta E = \frac{\gamma B \hbar}{2\pi}$
- Vrai.** La loi de Boltzmann montre l'équilibre qui se crée à travers la composante magnétique et la chaleur. Elle montre que $n_\alpha > n_\beta$, il y a plus de spins up que de spins down.
- Vrai.** On n'observe aucune aimantation transversale à cause du déphasage des spins dans cet univers.
- Faux.** La différence du nombre de spin entre le niveau α et le niveau β est très faible : l'aimantation induite l'est donc aussi. La RMN utilise cette aimantation pour réaliser des mesures, cette technique est donc peu sensible.

QCM n°3 : A, D, E

- Vrai.** On observera un hypersignal du tissu A par rapport au tissu B, car $M_{0A} > M_{0B}$ et $T_{2A} > T_{2B}$ (Le signal du tissu A décroît plus lentement que celui du tissu B).
- Faux.** $M_{0A} > M_{0B}$ et $T_{1A} = T_{1B}$, on aura une croissance de l'aimantation longitudinale au même rythme mais vers deux valeurs asymptotiques différentes.
- Faux.** $M_{0A} > M_{0B}$ donc on observera un hypersignal de A par rapport à B.
- Vrai.** $T_{1A} = T_{2A}$, ce qui correspond aux fluides (comme le LCR) et $T_{1B} \gg T_{2B}$ ce qui rappelle un tissu fibrosé (plus solide).
- Vrai.** Un œdème étant un épanchement liquidien, son T_2 sera plus grand, son aimantation transverse décroît alors moins vite. On l'observera en hyper signal par rapport au tissu B.

QCM n°4 : C

$$\text{On a } M_{TA} = M_{T0A} \cdot e^{\frac{-te}{T_{2A}}} \\ M_{TA} = M_{LA} \cdot \sin(\eta) \cdot e^{\frac{-te}{T_{2A}}}$$

et

$$M_{TB} = M_{T0B} \cdot e^{\frac{-te}{T_{2B}}} \\ M_{TB} = M_{LB} \cdot \sin(\eta) \cdot e^{\frac{-te}{T_{2B}}}$$

Comme $tr > 7.T1$ et que $\eta = 90^\circ$: $M_{T0A} = M_{LA} = M_{0A}$ et $M_{T0B} = M_{LB} = M_{0B}$

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

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

$$\Leftrightarrow \frac{1}{5} = e^{\frac{-te}{T_{2A}}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{8} = e^{\frac{-te}{T_{2B}}}$$

En appliquant $\ln(x)$, on obtient :

$$\ln\left(\frac{1}{5}\right) = \frac{-te}{T_{2A}} \Leftrightarrow -\ln(5) = \frac{-te}{T_{2A}} \Leftrightarrow te = T_{2A} \cdot \ln(5) \quad \ln\left(\frac{1}{8}\right) = \frac{-te}{T_{2B}} \Leftrightarrow -\ln(8) = \frac{-te}{T_{2B}} \Leftrightarrow te = T_{2B} \cdot \ln(8)$$

$$\text{Donc } \frac{T_{2A}}{T_{2B}} = \frac{\ln(8)}{\ln(5)} = 1,29$$

QCM n°5 : A, C

Remarque : ce qcm n'est pas réalisable en pratique, il est bien entendu impossible de faire de la RMN pour les 2 noyaux à la fois.

- A. **Vrai.** Le rapport des γ étant de 4, d'après la relation de Larmor $\omega_0 = 2\pi\nu_0 = \gamma B_0$, le rapport des fréquences est aussi de 4 et donc la fréquence de l'aimantation de l'hydrogène est 4 fois plus élevée que celle du carbone. Son aimantation prend donc de l'avance.
- B. Faux.
- C. **Vrai.** $\omega_H - \omega_C = 2\pi(\nu_H - \nu_C) = \frac{\Delta\theta}{t'} = 2\pi(\nu_H - \frac{\nu_H}{4}) = 2\pi \cdot \frac{3}{4} \cdot \nu_H$
Donc $\Delta\theta = 2\pi \cdot \frac{3}{4} \cdot \nu_H \times t' = 2\pi \times \frac{3}{4} \times 42 \cdot 10^6 \times 4 \cdot 10^{-9} = \frac{\pi}{4}$
- D. Faux. Cf. item C.
- E. Faux. $\omega_H - \omega_C = \frac{\Delta\theta}{t'}$ avec $\Delta\theta = 2\pi$ donc $t' = \frac{2\pi}{2\pi \times \frac{3}{4} \times \nu_H} = 3,18 \cdot 10^{-8} = 31,7 \text{ ns}$.

QCM n°6 : C

- A. Faux. On peut pondérer en T2 à condition que $t_r \geq 7T1$ et $t_e \cong T2$.
- B. Faux. Le tissu tumoral a une densité de proton supérieure au tissu sain, et sera donc en hypersignal en pondération M_0 .
- C. **Vrai.** Le tissu sain a le T1 le plus grand donc il apparaîtra en hyposignal par rapport au tissu tumoral.
- D. Faux. Le tissu sain a le T2 le plus petit donc il apparaîtra en hyposignal par rapport au tissu tumoral.
- E. Faux. Le tissu tumoral a le M_0 et le T2 le plus grand, il est donc toujours en hypersignal par rapport au tissu sain et ne sera jamais en isosignal en pondération T2.

QCM n°7 : D

Un isosignal correspond à $M_{TA} = M_{TB} \Leftrightarrow M_{T_{0A}} \cdot e^{\frac{-t\epsilon}{T_{2A}}} = M_{T_{0B}} \cdot e^{\frac{-t\epsilon}{T_{2B}}}$
 $\Leftrightarrow M_{LA} \cdot \sin(\eta) \cdot e^{\frac{-t\epsilon}{T_{2A}}} = M_{TB} = M_{LB} \cdot \sin(\eta) \cdot e^{\frac{-t\epsilon}{T_{2B}}}$

Sachant que $t_r \geq 7T_1$ et que $\eta = 90^\circ$ donc $\sin(\eta) = 1$ et $M_0 = M_{LA} = M_{T_{0A}}$

$$M_{0A} \cdot e^{\frac{-t\epsilon}{T_{2A}}} = M_{0B} \cdot e^{\frac{-t\epsilon}{T_{2B}}} \Leftrightarrow 0,6 \cdot M_{0B} \cdot e^{\frac{-t\epsilon}{T_{2A}}} = M_{0B} \cdot e^{\frac{-t\epsilon}{T_{2B}}}$$

Du coup en appliquant $\ln(x)$: (on remarque que $T_{2A} = 4T_{2B}$)

$$\ln(0,6) - \frac{t\epsilon}{T_{2A}} = - \frac{t\epsilon}{T_{2B}} \Leftrightarrow \ln(0,6) = - \frac{t\epsilon}{T_{2B}} + \frac{t\epsilon}{T_{2A}} \Leftrightarrow \ln(0,6) = - \frac{4t\epsilon}{4T_{2B}} + \frac{t\epsilon}{4T_{2B}} = - \frac{3t\epsilon}{4T_{2B}}$$

$$\Leftrightarrow t_e = \frac{\ln(0,6) \times 4 \times T_{2B}}{-3} = 0,136 \text{ s soit } 136 \text{ ms.}$$

QCM n°8 : A, E

A. **Vrai.**

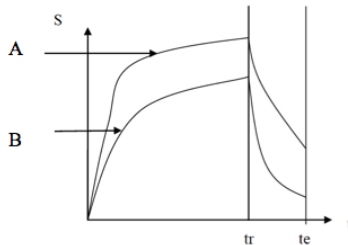
B. Faux. On ne peut pas conclure sur le rapport des T_2 car la cinétique est exponentielle.

Dire que $T_{2A} = 3T_{2B}$ revient à dire que la décroissance de l'aimantation B met 3 fois moins de temps pour arriver au même niveau que l'aimantation A mais on ne peut pas dire que la décroissance de l'aimantation B est 3 fois plus rapide car la cinétique est bien exponentielle et non linéaire ! Ne pas confondre vitesse et temps !

C. Faux.

D. Faux. $M_{0A} > M_{0B}$ et en pondération $T_2 : T_{2B} < T_{2A}$ Il n'y aura pas d'isosignal en pondération T_2 .

E. **Vrai.**



QCM n°9 : C, D, E

A. Faux. $\omega = 2\pi f = \gamma B_0$

Pour le proton : $\gamma = \frac{2\pi \cdot f}{B_0} = \frac{2\pi \cdot 2,542 \cdot 10^6}{2,5} = 2,64 \cdot 10^8 \text{ SI}$

Pour le carbone : $\gamma = \frac{2\pi \cdot 2,5 \cdot 10,5 \cdot 10^6}{2,5} = 6,6 \cdot 10^7 \text{ SI}$

B. Faux. Il faut, pour réaliser une bascule des deux aimantations envoyer deux photons d'énergie différente qui résonnent à la même fréquence que les spins (fréquence de résonance ou fréquence de Larmor). $hf = \Delta E = \gamma \cdot B_0 \cdot \frac{h}{2\pi}$

Pour le proton : $\Delta E = \frac{2,64 \cdot 10^8 \cdot 2,5 \cdot 6,64 \cdot 10^{-34}}{2\pi} = 7 \cdot 10^{-26} \text{ J}$

Pour le carbone : $\Delta E = \frac{6,6 \cdot 10^7 \cdot 2,5 \cdot 6,64 \cdot 10^{-34}}{2\pi} = 1,74 \cdot 10^{-26} \text{ J}$

C. **Vrai.** $\eta = \gamma B_1 \tau$

Pour le proton : $\tau = \frac{\eta}{(\gamma B_1)} = \frac{\pi}{(2,64 \cdot 10^8 \cdot 100 \cdot 10^{-6})} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

Pour le carbone : $\tau = \frac{\eta}{(\gamma B_1)} = \frac{\pi}{(2,6 \cdot 10^7 \cdot 100 \cdot 10^{-6})} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ s}$

D. **Vrai.** $\alpha = \omega_0 \tau$ donc si $\alpha = 45^\circ = \frac{\pi}{4}$, $\tau = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{\pi}{(4,2\pi \cdot \Delta f)} = \frac{\pi}{(4,2\pi \cdot 78,75 \cdot 10^6)} = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ s}$

$\Delta f = f(H) - f(C) = (42 - 10,5) \cdot 2,5 = 78,75 \text{ MHz}$

E. **Vrai.** $\alpha = \omega_0 \tau$ donc si $\alpha = \frac{\pi}{2}$ rad alors $\tau = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{\pi}{(2,2\pi \cdot \Delta f)} = 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ s}$

QCM n°10 : A, D

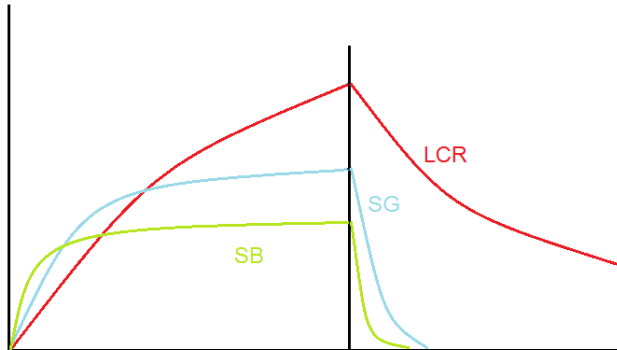
A. **Vrai.**

B. **Faux.** On doit utiliser la formule du signal : $S = k.M_0.(1-e^{-tr/T1}).e^{-te/T2}.\sin(\eta).\cos(\omega_0.t + \varphi)$.

Il s'agit ici d'une pondération en T1 avec tr proche de T1 et te infime. La différence entre les signaux dépend donc de $M_0.(1-e^{-tr/T1})$. Ainsi : $S_{LCR} = 1 \times (1-e^{-1000/1500}) = 0,487$, $S_{SB} = 0,4 \times (1-e^{-1000/400}) = 0,367$ et $S_{SG} = 0,6 \times (1-e^{-1000/900}) = 0,402$. C'est donc le LCR qui aura le signal le plus élevé.

C. **Faux.** Même principe, en pondération T1 : $S_{LCR} = M_0.(1-e^{-tr/T1}) = 1 \times (1-e^{-1500/1500}) = 0,632$, $S_{SB} = 0,4 \times (1-e^{-1500/400}) = 0,391$ et $S_{SG} = 0,6 \times (1-e^{-1500/900}) = 0,487$. C'est donc le LCR qui apparaîtra en hypersignal par rapport aux 2 autres tissus.

D. **Vrai.** On utilise la formule $S = M_0.(1-e^{-tr/T1}).e^{-te/T2}$ et on trouve $S_{SB} = 0,4 \times (1-e^{-750/400}) \times e^{-180/150} = 0,102$ et $S_{SG} = 0,6 \times (1-e^{-750/900}) \times e^{-180/180} = 0,125$.



E. **Faux.**

QCM n°11 : C

A. **Faux.** Il s'agit d'une pondération en T2 car le tr > 7T1 le plus grand et te est de l'ordre de T2.

B. **Faux.** En pondération T2, la différence entre les signaux dépend de $M_0.e^{-te/T2}$:

$$S_{SB} = 0,4 \times e^{-200/150} = 0,105$$

$$S_{SG} = 0,6 \times e^{-200/180} = 0,198$$

Du coup, c'est la substance grise qui est en hypersignal par rapport à la substance blanche.

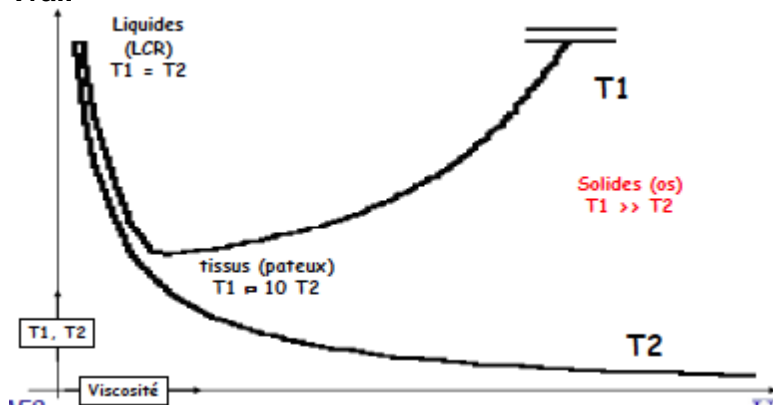
C. **Vrai.** Cf. item B.

D. **Faux.** $S_{LCR} = 1 \times e^{-200/1500} = 0,875$, le LCR est donc en hypersignal par rapport aux 2 autres tissus.

E. **Faux.** L'os cortical n'a pas de signal en IRM car son signal pousse très lentement (T1 est trop grand) vers une densité de protons très faible et disparaît trop vite (T2 trop petit).

QCM n°12 : A, B

A. **Vrai.**



B. **Vrai.** Cf schéma ci-dessus.

C. **Faux.** Faute d'éléments plus précis, on ne peut pas prévoir l'augmentation ou la diminution du T1. Le T2, en revanche, augmente.

D. **Faux.** Il apparaîtra en hypersignal par rapport à la rétine saine d'un œil, en pondération T1 et T2 car son T1 diminue et son T2 augmente.

E. **Faux.** La SRM est une technique non invasive et non destructive. Le reste de l'item est vrai.

QCM n°13 : A, C

- A. **Vrai.** On voit que l'aimantation longitudinale maximale de 2 est supérieure à celle de 1.
- B. Faux. Il s'agit de l'aimantation longitudinale.
- C. **Vrai.** Lors d'une fibrose, il y a une déshydratation, de ce fait, on a une diminution de la densité de proton.
- D. Faux. Il est lié à la disparition de l'aimantation transversale.
- E. Faux. C'est l'inverse, $T_1 > T_2$.