



TUTORAT UE 3 2015-2016 – Biophysique

CORRECTION Séance n°8 – Semaine du 02/11/2015

RMN 2 Professeur Zanca

QCM n°1 : C, E

A. Faux. $\eta = \gamma B_1 \tau \Leftrightarrow \tau = \frac{\eta}{\gamma B_1}$. On sait que $\omega_0 = 2\pi\nu_0 = \gamma B_0$ donc $\gamma = \frac{2\pi\nu_0}{B_0}$

$$\text{On obtient donc } \tau = \frac{\eta B_0}{2\pi\nu_0 B_1} = \frac{60 \times \pi}{180} \times \frac{1,5}{2\pi \times 42,5 \times 10^6 \times 1,5 \times 3 \cdot 10^{-6}} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ s}$$

Attention dans ce cas à ne pas oublier de multiplier la fréquence donnée en $\text{Hz} \cdot \text{T}^{-1}$ par B_0 .

B. Faux. On s'intéresse ici à l'angle parcouru autour de B_0 , noté α dans le cours.

$$\alpha = \omega_0 \tau = 2\pi\nu_0 \tau = \frac{\eta B_0}{B_1} \left(\text{d'après la formule trouvée à l'item A pour } \tau \right) \alpha = \frac{60 \times \pi}{180} \times \frac{1,5}{3 \times 10^{-6}} = \frac{500000 \times \pi}{3} \text{ rad.}$$

$$\frac{\alpha}{2\pi} = \frac{500000}{6} = 83333 \approx 8 \cdot 10^4 \text{ tr.}$$

C. **Vrai.**

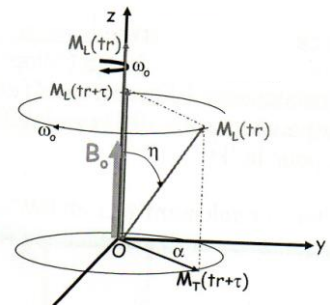
$$M_L(t_r + \tau) = \cos(\eta) \times M_L(t_r) = \cos(60) \times M_L(t_r) = \frac{1}{2} M_L(t_r).$$

D. Faux.

$M_T = \sin(\eta) \times M_L(t_r)$. D'après l'item C $M_L(t_r) = 2 \times M_L(t_r + \tau)$, on a d

$$M_T = \sin\left(\frac{60 \times \pi}{180}\right) \times 2 \times M_L(t_r + \tau) = \sqrt{3} M_L(t_r + \tau) \approx 1,7 M_L(t_r + \tau)$$

E. **Vrai.** Ceci est dû au fait que la norme de B_1 est inférieure à celle de B_0 .



QCM n°2 : B, E

A. Faux. $\eta = \gamma B_1 \tau$ donc $\gamma = \frac{\eta}{\tau B_1} = \frac{\frac{\pi}{4}}{100 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-6}} = 50000 \pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$.

B. **Vrai.** $2\pi\nu = \gamma B_0$ donc $B_0 = \frac{2\pi\nu}{\gamma} = \frac{2\pi\nu}{\frac{\eta}{\tau B_1}} = \frac{2\pi \times 75 \times 10^3}{\frac{\pi}{4}} = 3 \text{ T}$

C. Faux. Au contraire, elle apparaît après la bascule.

D. Faux. L'angle de nutation est $\frac{\pi}{4}$, l'aimantation longitudinale n'a donc pas totalement basculé dans le plan transversal. Pour une bascule totale, il aurait fallu un angle de nutation égal à $\frac{\pi}{2}$ car $M_T = M_L \cdot \sin(\eta)$ et $\sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = 1$.

E. **Vrai.** $M_T = M_L \cdot \sin(\eta) = M_L \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = M_L \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,7 M_L$.

QCM n°3 : B, E

A. Faux. $\eta = \gamma B_1 \tau = 2\pi \frac{\nu}{B_0} B_1 \tau = 2\pi \times 62,5 \cdot 10^6 \times 20 \cdot 10^{-6} \times 100 \cdot 10^{-6} = \text{rad} = 45^\circ$

B. **Vrai.** Voir correction A.

C. Faux. Voir correction A.

D. Faux. $\alpha = \gamma B_0 \tau = 2\pi \frac{\nu}{B_0} B_0 \tau = 2\pi \tau = 2\pi \times 62,5 \cdot 10^6 \times 3,75 \times 100 \cdot 10^{-6} = 2\pi \cdot 23437,5 \text{ rad}$
 $= 23437,5 \text{ tours}$

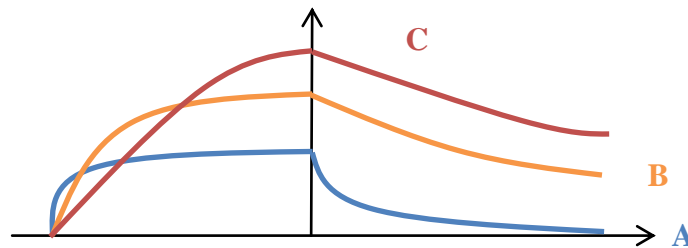
= 0,5 tour (on enlève les tours entiers car un tour entier = retour au point de départ)
 = π rad = 180°

E. **Vrai.**

QCM n°4 : F

- A. Faux. Le risque en radiologie provient des rayons. La RMN est une technique non invasive et n'utilisant pas de rayons ionisants. On utilise simplement un champ magnétique perturbant l'orientation des spins constituant notre organisme.
- B. Faux. Elle comporte au moins trois phases : l'induction de l'aimantation longitudinale le long de B_0 , la bascule du signal par application de B_1 et la mesure du signal pendant la disparition de l'aimantation transversale après arrêt de B_1 .
- C. Faux. T_1 et T_2 dépendent entre autre de la viscosité du milieu et de la température.
- D. Faux. Cela est vrai pour T_2 . En revanche T_1 augmente à nouveau quand on se déplace des tissus biologiques vers les solides. Attention à ne pas confondre viscosité et hydratation
- E. Faux. L'os cortical n'apparaît pas car son aimantation pousse trop lentement vers une densité M_0 trop faible et elle disparaît trop vite. Son T_1 est donc trop long et son T_2 trop court.

QCM n°5 : E



- A. Faux. $M_L = M_0(1 - e^{-\frac{t}{T_1}})$. On calcule pour les trois tissus : $M_{LA} = 0,5 \left(1 - e^{-\frac{0,8}{0,3}}\right) = 0,465$
 $M_{LB} = 0,9 \left(1 - e^{-\frac{0,8}{0,6}}\right) = 0,663$; $M_{LC} = 1,2(1 - e^{-0,8/1}) = 0,661$. On a donc $M_{LB} > M_{LC} > M_{LA}$.
- B. Faux. Le tissu A est bien en hyposignal par rapport aux autres en pondération T_2 mais $M_{TA} = M_{LA}e^{-\frac{t}{T_2A}} = M_{LA}e^{-\frac{0,55}{0,2}} = 0,064M_{LA}$ soit 6,4% de sa valeur initiale.
- C. Faux. En pondération T_2 le tissu C est toujours en hypersignal par rapport aux deux autres après la bascule. $M_{TC} = M_{LC}e^{-\frac{t}{T_2C}} = M_{LC}e^{-\frac{0,55}{1}} = 0,577M_{LC}$ soit 58% de sa valeur initiale.
- D. Faux. $M_{0C} > M_{0B}$ et l'aimantation de C décroît moins vite que celle de B, on ne peut donc pas observer d'isosignal entre ces deux tissus.
- E. **Vrai.** Les trois tissus ont un taux d'hydratation différent, on pourra donc les distinguer sur une image en pondération M_0 .

QCM n°6 : B, C, D, E

- A. Faux. En pondération M_0 le sang ne sera pas dissociable du LCR et en pondération T_2 , le sang n'est pas en hypersignal (ca sera le LCR).
- B. **Vrai.** Si t_e est infime, on peut écrire $M_T = M_L = M_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_1}}\right)$
 $M_{L,S,B} = 0,8 \times \left(1 - e^{-\frac{772}{680}}\right) = 0,543$; $M_{L,S,G} = 0,7 \times \left(1 - e^{-\frac{772}{809}}\right) = 0,430$; $M_{L,LCR} = 1 \times \left(1 - e^{-\frac{772}{1450}}\right) = 0,413$; $M_{L,Sang} = 1 \times \left(1 - e^{-\frac{772}{150}}\right) = 0,994$.
 Le LCR présente donc le plus petit signal.
- C. **Vrai.** Voir item B.
- D. **Vrai.** On a $t_e = \frac{611}{92} \times T_{2,SB} = 6,64 \times T_{2,SB}$. On peut considérer que l'aimantation de la substance blanche encore présente est infime, la substance blanche apparaîtra donc en hyposignal c'est à dire noire par rapport aux autres tissus.
 $M_T = M_0 e^{-\frac{t}{T_2}}$
 $M_{T,S,B} = 0,8 \times e^{-\frac{611}{92}} = 0,0010$; $M_{T,S,G} = 0,7 \times e^{-\frac{611}{101}} = 0,0017$; $M_{T,LCR} = 1 \times e^{-\frac{611}{1050}} = 0,559$;

$$M_{T \text{ Sang}} = 1 \times e^{\frac{-611}{140}} = 0,013.$$

E. **Vrai.** $M_{0 \text{ S.B}} > M_{0 \text{ S.G}}$ mais $T_{2 \text{ SB}}$ est plus court que $T_{2 \text{ SG}}$. Il y a donc un risque d'isosignal entre les signaux de la substance blanche et de la substance grise. Cf schéma de l'énoncé du QCM 7.

QCM n°7 : A, B, E

A. **Vrai.**

B. **Vrai.**

C. **Faux.** La substance grise correspond à la courbe C. A la fin de sa repousse on voit qu'elle est en hyposignal par rapport aux autres tissus. En faisant une pondération T_1 avec un t_r adapté on peut donc l'observer en hypersignal.

D. **Faux.** D'après les données du QCM 6, on peut identifier le signal A comme étant le sang coagulé : il repousse le plus vite (T_1 le plus petit) vers le M_0 le plus grand. Le tissu D est celui qui a la croissance la plus lente (T_1 le plus grand), il s'agit donc du LCR.

E. **Vrai.** La substance blanche possède le M_0 intermédiaire, elle correspond donc bien au signal B.

QCM n°8 : A, B, C, D, E

Expérience 1 : Il s'agit d'une pondération M_0 , le résultat nous donne $M_{0A} > M_{0B}$ et $M_{0B} = M_{0C}$ car on ne distingue pas les tissus B et C l'un de l'autre. Le tissu A est donc le plus hydraté.

On sait de plus que $T_{1 \text{ max}} = \frac{5,6}{7} = 0,8 \text{ s} = 800 \text{ ms}$.

Expérience 2 : Il s'agit d'une pondération T_1 pour laquelle on obtient $M_{LA} < M_{LC} < M_{LB}$. L'aimantation du tissu A en pondération T_1 est la plus faible alors qu'elle pousse vers le M_0 le plus élevé et le tissu B apparaît en hyposignal par rapport au C alors qu'ils poussent vers le même M_0 . On en déduit que $T_{1A} > T_{1C} > T_{1B}$. Le tissu A possède donc le T_1 le plus long : $T_{1A} = T_{1 \text{ max}} = 800 \text{ ms}$.

Expérience 3 : On est cette fois en pondération T_2 . Comme $M_{TB} > M_{TA}$ on a $T_{2B} > T_{2A}$ (plus le T_2 est court plus la disparition est rapide).

A. **Vrai.** Il apparaît en hypersignal en pondération M_0 , c'est donc qu'il possède la densité de proton la plus élevée.

$$M_{LA} = M_{0A} \left(1 - e^{\frac{-t_r}{T_{1A}}}\right) \Leftrightarrow M_{0A} = \frac{M_{LA}}{1 - e^{\frac{-t_r}{T_{1A}}}} = \frac{0,52}{1 - e^{\frac{-0,450}{0,800}}} = 1,21$$

B. **Vrai.** Ils apparaissent comme un même signal en pondération M_0 , on en déduit qu'ils ont la même densité de protons.

C. **Vrai.** En pondération T_2 on a pris $t_r = 7T_{1 \text{ max}}$, on peut donc écrire $M_L = M_0$. On a alors :

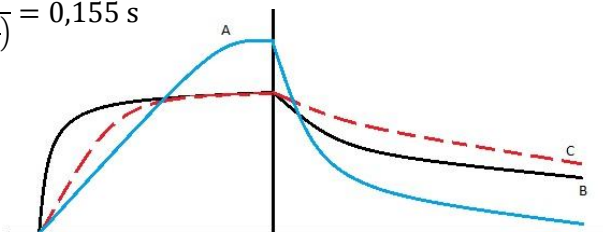
$$M_{TB} = M_{0B} e^{\frac{-t_e}{T_{2B}}} \Leftrightarrow M_{0B} = \frac{M_{TB}}{e^{\frac{-t_e}{T_{2B}}}} = \frac{0,37}{1 - e^{\frac{-153}{170}}} = 0,91$$

D. **Vrai.** Cf expérience 2.

E. **Vrai.** $M_L = M_0 \left(1 - e^{\frac{-t_r}{T_1}}\right) \Leftrightarrow e^{\frac{-t_r}{T_1}} = 1 - \frac{M_L}{M_0} \Leftrightarrow \frac{-t_r}{T_1} = \ln\left(1 - \frac{M_L}{M_0}\right) \Leftrightarrow T_1 = \frac{-t_r}{\ln\left(1 - \frac{M_L}{M_0}\right)}$

$$T_{1C} = \frac{-0,450}{\ln\left(1 - \frac{0,61}{0,91}\right)} = 0,406 \text{ s}$$

$$T_{1B} = \frac{-0,450}{\ln\left(1 - \frac{0,86}{0,91}\right)} = 0,155 \text{ s}$$



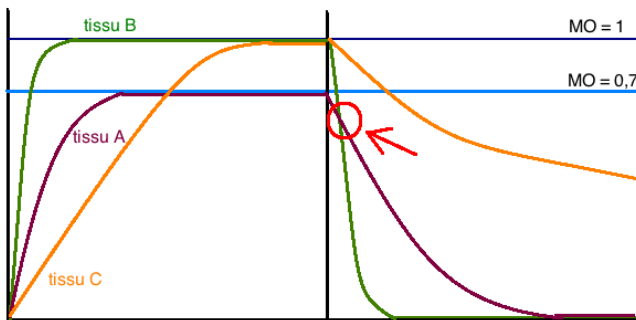
NB : dans cet exercice on trouvait par les calculs $T_2 > T_1$, ce qui est en théorie impossible ! Retenir que $T_1 \geq T_2$ pour tout type de matériau.

QCM n°9 : A, C

- A. **Vrai.** En pondération T_2 on a pris $t_r = 7T_{1 \max}$, on peut donc écrire $M_L = M_0$. On a donc $M_{TA} = M_{0A} e^{\frac{-t_e}{T_{2A}}} \Leftrightarrow \frac{-t_e}{T_{2A}} = \ln\left(\frac{M_{TA}}{M_{0A}}\right) \Leftrightarrow T_{2A} = \frac{-t_e}{\ln\left(\frac{M_{TA}}{M_{0A}}\right)} = \frac{-0,153}{\ln\left(\frac{0,22}{1,21}\right)} = 0,09s = 90ms$.
- B. **Faux.** En pondération T_2 les tissu B et C partent du même M_0 , leurs signaux ne peuvent donc pas se croiser.
- C. **Vrai.** L'aimantation de A part d'une valeur plus élevée que celle de C mais décroît plus vite que celle-ci. Les signaux des deux aimantations vont donc de se croiser.
- D. **Faux.** Plus un tissu est fluide, plus son T_2 est grand. Ici $T_{2C} > T_{2B} > T_{2A}$ donc dans l'ordre du plus fluide au moins fluide on trouve les tissus C, B et A.
- E. **Faux.** Pour un fluide parfait on a $T_1 = T_2$. Ici on a $\frac{T_{1A}}{T_{2A}} = \frac{800}{90} = 8,89$. Le tissu A se rapproche donc plus d'un tissu biologique ($T_1 \sim 10T_2$).

QCM n°10 : C, E

- A. **Faux.** M_0 reflète l'hydratation (densité en protons = hydrogène et pas densité en eau !) du tissu, ainsi le tissu le plus hydraté aura le plus grand M_0 . Les tissus B et C sont plus hydratés que le tissu A.
- B. **Faux.** Selon la formule, $ML = M_0 \cdot (1 - e^{-tr/T_1})$. T_1 étant au dénominateur, le tissu poussant le plus vite est celui ayant le plus petit T_1 . $T_{1B} < T_{1C}$, le tissu B pousse plus vite que le tissu C.
- C. **Vrai.** Cf correction B.
- D. **Faux.** La pousse n'est pas proportionnelle au T_1 , ils sont reliés par une exponentielle. On ne peut donc pas interpréter les rapports de vitesses de pousse en fonction du rapport des T_1 .
- E. **Vrai.** Cf schéma suivant.



QCM n°11 : A, B, D

- A. **Vrai.**
- B. **Vrai.** Pour le tissu A : $M_L = M_0 \cdot (1 - e^{-tr/T_1}) = 0,7 \cdot (1 - e^{-1000/700}) = 0,7 \times 0,76 = 0,53$.
 Pour le tissu C : $M_L = M_0 \cdot (1 - e^{-tr/T_1}) = 1 - e^{-1000/1000} = 0,63$.
- C. **Faux.** On obtient un isosignal lorsque les aimantations transversales des deux tissus sont égales. De plus, d'après le schéma précédent, l'isosignal observé a lieu entre le tissu A et le tissu B. Afin de trouver le t_e adéquat, il suffit de résoudre cette équation :

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow M_{TB} &= M_{TA} \\ \Leftrightarrow M_0 \cdot e^{-\frac{t_e}{T_{2B}}} &= 0,7M_0 \cdot e^{-\frac{t_e}{T_{2A}}} \\ \Leftrightarrow \frac{M_0}{0,7M_0} \times e^{-\frac{t_e}{T_{2B}}} &= e^{-\frac{t_e}{T_{2A}}} \\ \Leftrightarrow \ln\left(\frac{1}{0,7}\right) + \left(-\frac{t_e}{T_{2B}}\right) &= -\frac{t_e}{T_{2A}} \\ \Leftrightarrow \ln\left(\frac{1}{0,7}\right) &= \frac{t_e}{T_{2B}} - \frac{t_e}{T_{2A}} \\ \Leftrightarrow \ln\left(\frac{1}{0,7}\right) &= \frac{t_e}{30} - \frac{t_e}{60} \\ \Leftrightarrow \ln\left(\frac{1}{0,7}\right) &= \frac{2t_e}{60} - \frac{t_e}{60} \end{aligned}$$

$$\leftrightarrow \ln\left(\frac{1}{0,7}\right) = \frac{te}{60}$$

$$\leftrightarrow te = \ln\left(\frac{1}{0,7}\right) \times 60 = 21,4 \text{ ms}$$

D. **Vrai.** Cf item C.

E. **Faux.** On fait une pondération en T2.

Récapitulatif des différentes pondérations :

Pondération T₁ : tr ≈ T₁, te infime.

Pondération M₀ : tr ≈ 7T₁, te infime.

Pondération T₂ : tr ≈ 7T₁, te ≈ T₂.

QCM n°12 : B

A. **Faux.** Le tissu B atteint $\frac{M_0}{2}$ avant le tissu A, ce qui signifie qu'il pousse plus vite et donc possède un T₁ plus petit. Ainsi le tissu A sera en hyposignal par rapport au tissu B en pondération T₁.

B. **Vrai.**

$$\leftrightarrow M_L = M_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{tr}{T_{1A}}}\right)$$

$$\leftrightarrow \frac{M_0}{2} = M_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{tr}{T_{1A}}}\right)$$

$$\leftrightarrow \frac{1}{2} = 1 - e^{-\frac{tr}{T_{1A}}}$$

$$\leftrightarrow \frac{1}{2} - 1 = -e^{-\frac{tr}{T_{1A}}}$$

$$\leftrightarrow -\frac{1}{2} = -e^{-\frac{tr}{T_{1A}}}$$

$$\leftrightarrow \frac{1}{2} = e^{-\frac{tr}{T_{1A}}}$$

$$\leftrightarrow \ln(0,5) = -\frac{tr}{T_{1A}}$$

$$\leftrightarrow T_{1A} = -\frac{tr}{\ln(0,5)} = -\frac{0,589}{\ln(0,5)} = 0,85s$$

C. **Faux.** Attention, on ne peut pas faire de corrélation directe entre les valeurs numériques de T2 et les vitesses de disparition des aimantations transversales. En effet, les deux ne sont pas proportionnelles (présence d'une exponentielle).

D. **Faux.**

$$\leftrightarrow M_T = M_0 \cdot e^{-\frac{te}{T_{2A}}}$$

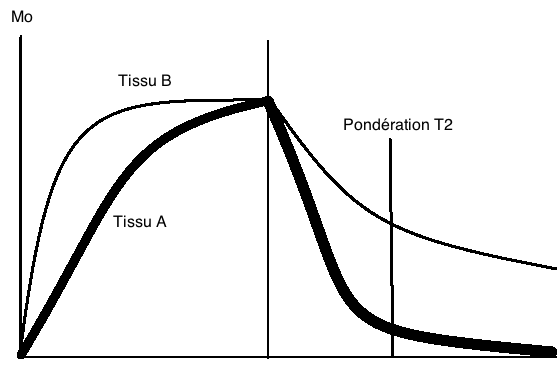
$$\leftrightarrow \frac{M_0}{4} = M_0 \cdot e^{-\frac{te}{T_{2A}}}$$

$$\leftrightarrow \frac{1}{4} = e^{-\frac{te}{T_{2A}}}$$

$$\leftrightarrow \ln\left(\frac{1}{4}\right) = -\frac{te}{T_{2A}}$$

$$\leftrightarrow T_{2A} = -\frac{te}{\ln\left(\frac{1}{4}\right)} = -\frac{0,208}{\ln\left(\frac{1}{4}\right)} = 0,15s = 150ms.$$

E. **Faux.** Si M_{TA} = $\frac{M_0}{4}$ et M_{TB} = $\frac{M_0}{2}$ pour un même te, cela signifie que T_{2A} < T_{2B} (il décroît plus vite). On a vu item A que T_{1A} > T_{1B}. Ainsi nous obtenons la courbe suivante et pouvons déduire qu'il n'y aura pas d'isosignal en pondération T₂.



QCM n°13 : F

- A. Faux. La bonne association est 1B, 2A, 3C.
- B. Faux.
- C. Faux.
- D. Faux. Le tissu B correspondant à la courbe 1 est en hypersignal en M_0 ce qui signifie que le tissu B possède un M_0 plus grand que les autres tissus. Le M_0 reflétant l'hydratation d'un tissu, c'est donc le tissu associé à la courbe 1 qui est le plus hydraté.
- E. Faux. L'os cortical possède un T_1 très grand, un T_2 très petit (cf courbe de variation T_1 - T_2 en fonction de la viscosité) et une densité de proton très faible (M_0 très petit). Son signal pousse très lentement pour atteindre un M_0 faible et disparaître trop rapidement pour être visualisé lors d'un cliché IRM.

QCM n°14 : A, B, C, D, E

- A. **Vrai.**
- B. **Vrai.**
- C. **Vrai.** La hauteur des pics dépend du nombre de noyaux équivalents présent dans l'environnement proche (c'est-à-dire de l'encombrement du carbone ici dans le cas de l'hydrogène) du noyau étudié.
- D. **Vrai.**
- E. **Vrai.** Du fait de l'impossibilité de mouvement rotatoire des différentes fonctions chimiques autour de l'atome central (ex : tétra-méthyl-silane $(CH_3)_4-Si$).