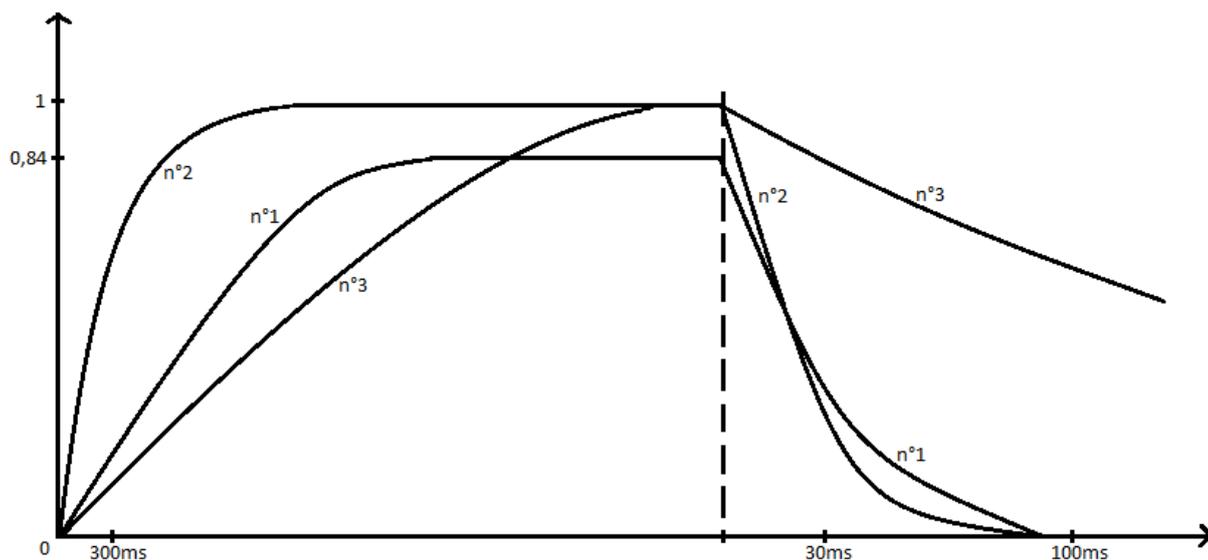


TUTORAT UE 3 2013-2014 – Biophysique

CORRECTION Séance n°10 – Semaine du 25/11/2013

RMN 2 Pr Zanca

QCM n°1 : C, D



- A. Faux. La densité de protons M_0 représente, entre autre, le degré d'hydratation du tissu. Les tissus 2 et 3 sont donc plus hydratés que le tissu 1.
- B. Faux. Le T_1 du tissu 2 est plus faible que le T_1 du tissu 3 donc c'est l'aimantation longitudinale du tissu 2 qui pousse plus vite que celle du tissu 3.
- C. **Vrai.** Car son T_2 est plus faible que celui du tissu 3.
- D. **Vrai.** On voit qu'en pondération T_2 les courbes du tissu 1 et du tissu 2 se croisent, il y a donc un isosignal.
- E. Faux. La densité de protons intervient toujours que ce soit une pondération en T_1 , T_2 ou M_0 .

QCM n°2 : A, B, E

- A. **Vrai.** On est à $tr = T_1$ donc $M_L = M_0 \cdot (1 - e^{-\frac{tr}{T_1}}) = M_0 \cdot (1 - e^{-1}) = 0,63 \cdot M_0$
- B. **Vrai.** C'est une pondération en T_1 car tr est de l'ordre des T_1 et te est infime. On observe donc $signal(2) > signal(1) > signal(3)$.
- C. Faux. C'est une pondération en T_2 car tr est supérieur à $5T_1$ et te est de l'ordre des T_2 .
- D. Faux. C'est une pondération en T_2 car tr est supérieur à $5T_1$ et te est de l'ordre des T_2 . Le signal le plus fort correspond donc ici à celui du tissu 3. On observe $signal(3) > signal(1)$.
- E. **Vrai.** L'aimantation transversale des tissus 1 et 2 est nulle (ou extrêmement faible : on ne recueille aucun signal) car on est largement au-dessus de $7T_2$.

QCM n°3 : B, D, E

A. Faux. On est à $\tau = T_1$ donc $M_L = 0,63M_0$

Soit $M_L = 0,63 \times 0,84 \approx 0,53$

B. **Vrai.** cf item A.

C. Faux. $\eta = \gamma B_1 \tau$ donc $\tau = \frac{\eta}{\gamma B_1} = \frac{\eta B_0}{\omega_0 B_1}$

$$\text{Soit } \tau = \frac{\frac{\pi}{2}}{\frac{1}{2} \cdot 45 \cdot 10^6 \times 2\pi \times 40 \cdot 10^{-6}} = 278 \times 10^{-6} \text{s} = 278 \mu\text{s}$$

D. **Vrai.** cf item C.

E. **Vrai.** La durée de l'impulsion correspond à une bascule de 90° . Si on double ce temps, on aura une bascule de 180° et l'aimantation transverse redeviendrait nulle.

QCM n°4 : D

A. Faux. Le nombre d'orientations possibles est égal à $2s+1$ soit à 4 orientations.

B. Faux. $\cos(\theta) = \frac{m}{\sqrt{s(s+1)}}$, m varie entre s et -s par pas de un, m peut donc être égal à $3/2, 1/2, -1/2$ et $-3/2$. Pour avoir l'angle le plus petit faut prendre le cos le plus grand, donc celui avec $m=3/2$

$$\cos(\theta_{\min}) = \frac{\frac{3}{2}}{\sqrt{s(s+1)}} = \frac{\frac{3}{2}}{\sqrt{\frac{3}{2}(\frac{3}{2}+1)}} = \frac{\sqrt{15}}{5} \quad \text{d'où} \quad \theta_{\min} = \text{Arccos}\left(\frac{\sqrt{15}}{5}\right) = 39^\circ$$

C. Faux. Si le spin est up (spin α), cela signifie que m prend les valeurs $3/2$ ou $1/2$

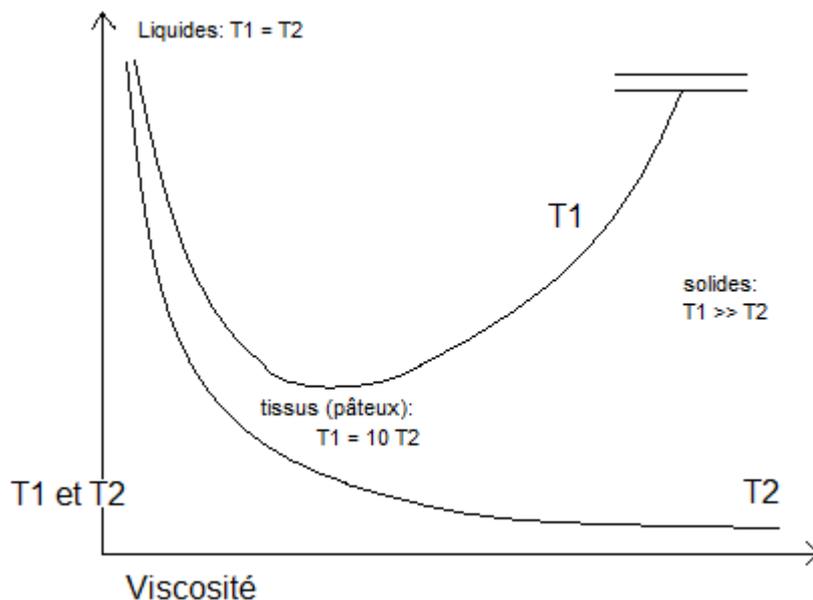
Pour trouver l'angle teta le plus grand il faut prendre le cos teta le plus petit donc on prend $m=1/2$

$$\cos(\theta_{\max}) = \frac{\frac{1}{2}}{\sqrt{s(s+1)}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sqrt{\frac{3}{2}(\frac{3}{2}+1)}} = \frac{\sqrt{15}}{15} \quad \text{d'où} \quad \theta_{\max} = \text{Arccos}\left(\frac{\sqrt{15}}{15}\right) = 75^\circ$$

D. **Vrai.** Voir C.

E. Faux : $3/2$.

QCM n°5 : B, D



A. Faux. Solidification : augmentation de la viscosité, on se déplace vers la droite sur le graphique. T1 peut diminuer ou augmenter : le gel étant « pâteux », il peut se situer avant ou après l'inflexion de la courbe T1. On ne peut rien affirmer en l'absence d'autres informations.

B. **Vrai.**

C. Faux. Fluidification : diminution de viscosité, on se déplace vers la gauche sur le graphique. Selon sa position initiale sur la courbe, T1 (ou temps de relaxation spin-réseau) peut augmenter ou diminuer.

D. **Vrai.**

E. Faux. T1 et T2 varient en fonction de la viscosité, or un changement d'état modifie la viscosité.

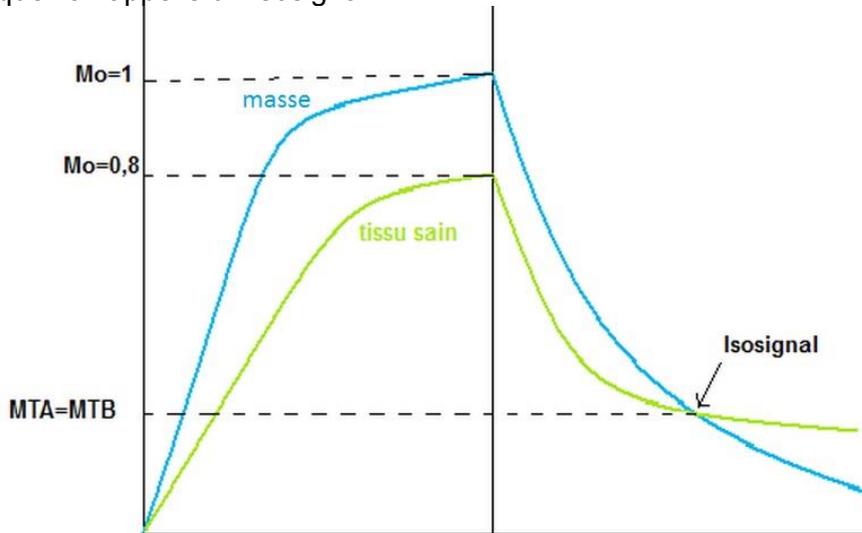
QCM n°6 : A, C

- A. **Vrai.** La masse possède un M_0 supérieur au tissu sain. Elle apparaît donc en hypersignal lors d'une pondération en M_0 .
- B. **Faux.** Le risque d'isosignal est en pondération T2.

Plus le T1 est petit, plus le signal « pousse » vite et plus le T2 est petit, plus le signal décroît vite.

Par conséquent, comme le T1 de la masse est plus petit que celui du tissu sain, elle atteindra plus rapidement sa valeur de M_0 . La masse apparaît donc en hypersignal en pondération T1.

Le T2 de la masse est inférieur à celui du tissu sain, le signal de la masse décroît donc plus vite, or, la valeur de son M_0 est supérieure, les deux signaux vont donc se croiser, c'est ce que l'on appelle un isosignal.



Remarque : Sur ce schéma, la pousse est considérée totale (atteinte du M_0).

- C. **Vrai.** On va calculer le te pour lequel il y a isosignal pour voir si on se trouve ici avant ou après le croisement des courbes.

Le tr est supérieur à 5 fois le plus grand des T1 : $tr = 4 \text{ s} > 5T1 = 5 \times 750 \cdot 10^{-3} = 3,75 \text{ s}$, par conséquent, la pousse considérée comme totale, le M_0 est atteint.

Au niveau de l'isosignal, les composantes transverses M_T de l'échantillon (noté B) et du tissu sain (noté A) sont égales soit :

$$M_{TA} = M_{TB} \text{ ce qui équivaut à : } M_{T0} \cdot e^{-\frac{te}{T2(A)}} = M_{T0} \cdot e^{-\frac{te}{T2(B)}} \text{ avec } M_{T0} = M_L \cdot \sin \eta$$

Ici, la pousse est totale donc $M_L(tr) = M_0$ et $\eta = 90^\circ$ donc $\sin \eta = 1$ d'où $M_{T0} = M_0$

$$\text{On peut donc écrire } M_{0A} \cdot e^{-\frac{te}{T2(A)}} = M_{0B} \cdot e^{-\frac{te}{T2(B)}} \Leftrightarrow \frac{M_{0A}}{M_{0B}} = \frac{e^{-\frac{te}{T2(B)}}}{e^{-\frac{te}{T2(A)}}} \Leftrightarrow \ln \frac{M_{0A}}{M_{0B}} = \ln \left(\frac{e^{-\frac{te}{T2(B)}}}{e^{-\frac{te}{T2(A)}}} \right)$$

$$\text{Or } \ln \left(\frac{a}{b} \right) = \ln(a) - \ln(b)$$

$$\text{d'où } \ln \frac{M_{0A}}{M_{0B}} = \ln \left(e^{-\frac{te}{T2(B)}} \right) - \ln \left(e^{-\frac{te}{T2(A)}} \right) \Leftrightarrow \ln \frac{M_{0A}}{M_{0B}} = -\frac{te}{T2(B)} - \left(-\frac{te}{T2(A)} \right)$$

$$\Leftrightarrow \ln \frac{M_{0A}}{M_{0B}} = -\frac{te \cdot T2(A) + te \cdot T2(B)}{T2(B) \cdot T2(A)} \Leftrightarrow T2(B) \cdot T2(A) \cdot \ln \frac{M_{0A}}{M_{0B}} = -te \cdot T2(A) + te \cdot T2(B)$$

$$\Leftrightarrow T2(B) \cdot T2(A) \cdot \ln \frac{M_{0A}}{M_{0B}} = -0,2te + 0,125te \Leftrightarrow T2(B) \cdot T2(A) \cdot \ln \frac{M_{0A}}{M_{0B}} = -0,075te$$

$$\Leftrightarrow te = 0,074s = 74 \text{ ms}$$

Pour un $te = 50 \text{ ms}$ on est avant l'isosignal, la masse apparaît donc en hypersignal (cf schéma)

Autre méthode : on peut directement calculer M_{TA} et M_{TB} pour voir lequel a une composante transversale (M_T) au moment te choisi la plus élevée (apparaîtra en hypersignal) ou la plus faible (hyposignal) :

$$M_{TA} = M_{OA} \cdot e^{\frac{-te}{T_2(A)}} = 0,8 \cdot e^{\frac{-0,05}{0,2}} = 0,62$$

$$M_{TB} = M_{OB} \cdot e^{\frac{-te}{T_2(B)}} = 1 \cdot e^{\frac{-0,05}{0,125}} = 0,67$$

D. Faux. Cf item C.

E. Faux. La masse possède un M_0 supérieur au tissu sain. Or, le M_0 reflète entre autres l'hydratation du tissu. La masse ne peut donc pas être un fibroadénome. Cela peut éventuellement être un adénome bénin se chargeant en lipides.

QCM n°7 : B, D

A. Faux. L'angle de déphasage θ est l'angle parcouru pendant le temps te à la vitesse ω .

$$\theta = \Delta\omega \times te = 2\pi\Delta\nu \times te = 2\pi \times 3,5 \times 86.10^{-3} \approx 1,89 \text{ rad} \approx 108^\circ.$$

B. **Vrai.** $\theta = \Delta\omega \times te = 2\pi\Delta\nu \times te = 2\pi \times 3,5 \times 143.10^{-3} = 3,144734246 \text{ rad} \approx \pi \text{ rad} = 180^\circ$. Un déphasage de 180° correspond à une opposition de phase.

C. Faux. $\theta = \Delta\omega \times te = 2\pi\Delta\nu \times te = 2\pi \times 3,5 \times 36.10^{-3} \approx 0,79 \text{ rad} \approx \frac{\pi}{4} \text{ rad} = 45^\circ$.

D. **Vrai.** On cherche un te pour lequel $\theta = 2\pi \text{ rad}$ donc $te = \frac{\theta}{2\pi\Delta\nu} = \frac{1}{3,5} = 286 \text{ ms}$

E. Faux.

QCM n°8 : B, E

A. Faux. Même densité de protons : $M_{0(A)} = M_{0(B)} = M_0$

De plus, la bascule est de 90° et on a tr supérieur à 10 fois le plus grand des T_1 donc :

$$M_{T(A,B)}^0 = M_{L(tr)(A,B)} = M_0$$

$$M_{T(A)} = M_0 \cdot e^{\frac{-te}{T_2(A)}} \quad \text{et} \quad M_{T(B)} = M_0 \cdot e^{\frac{-te}{T_2(B)}} = M_0 \cdot e^{\frac{3te}{T_2(A)}}$$

$$\frac{M_{T(A)}}{M_{T(B)}} = \frac{e^{\frac{-te}{T_2(A)}}}{e^{\frac{3te}{T_2(A)}}} = e^{\frac{-te}{T_2(A)} - \frac{3te}{T_2(A)}} = e^{\frac{-4te}{T_2(A)}}$$

$$\frac{M_{T(A)}}{M_{T(B)}} = 4 \quad \text{et} \quad \frac{M_{T(A)}}{M_{T(B)}} = e^{\frac{2te}{T_2(A)}}$$

$$4 = e^{\frac{2te}{T_2(A)}} \rightarrow T_2(A) = \frac{2te}{\ln(4)} = \frac{200.10^{-3}}{\ln(4)} = 144,27.10^{-3} \approx 144 \text{ ms.}$$

B. **Vrai.** Voir A.

C. Faux. $M_{L(B)} = 2 \cdot M_{L(A)}$

$$M_{T(A)} = M_{L(A)} \sin(\eta) \cdot e^{\frac{-te}{T_2(A)}} = M_{L(A)} \cdot e^{\frac{-te}{T_2(A)}} \quad \text{et} \quad M_{T(B)} = M_{L(B)} \cdot e^{\frac{-te}{T_2(B)}} = 2 \cdot M_{L(A)} \cdot e^{\frac{-te}{T_2(B)}}$$

On veut un isosignal donc $M_{T(A)} = M_{T(B)}$

$$M_{L(A)} \cdot e^{\frac{-te}{T_2(A)}} = 2 \cdot M_{L(A)} \cdot e^{\frac{-te}{T_2(B)}}$$

$$2 = e^{\frac{-te}{T_2(A)} - \frac{-te}{T_2(B)}} = e^{\frac{-te}{T_2(A)} + \frac{3te}{T_2(A)}} = e^{\frac{2te}{T_2(A)}}$$

$$2 = e^{\frac{2te}{T_2(A)}} \rightarrow te = T_2(A) \cdot \frac{\ln(2)}{2} = 144 \cdot \frac{\ln(2)}{2} = 50 \text{ ms.}$$

On aura un isosignal : on ne pourra plus distinguer les deux tissus pour $te = 50 \text{ ms}$.

D. Faux. On se trouve après l'isosignal ($60 \text{ ms} > 50 \text{ ms}$) et l'aimantation du tissu A décroît plus lentement que celle du tissu B ($T_1A > T_1B$) donc le tissu A sera en hypersignal.

E. **Vrai.** On observe un T_1 et un T_2 pour le tissu A relativement grand par rapport au tissu B. Ce qui caractérise spécifiquement les liquides. Si le tissu B était de la matière grise, le tissu A pourrait correspondre au LCR.

QCM n°9 : A, B, C

A. **Vrai.**

- B. **Vrai.** $M_{TA} = M_{LA} \cdot e^{-\frac{te}{T_{2A}}} \cdot \sin(\eta)$ or $\sin(90^\circ)=1$ et la pondération en T_2 implique $M_L \approx M_0$. On a donc $M_{TA} = M_0 \cdot e^{-1} \approx 0,37 \cdot M_0$
- C. **Vrai.** On se place dans le cadre d'une pondération en T_2 par rapport au tissu A, donc au bout d'un temps $t \geq 7 T_{1A}$ on a $M_{LA} \approx M_0$ mais également $M_{LB} \approx M_0$ car l'aimantation du tissu B croît plus vite que celle du tissu A ($T_{1A} > T_{1B}$).
De plus $T_{2A} = \frac{1}{2} T_{2B}$ donc $M_{TB} = M_0 \cdot e^{-1/2} = 0,61 \cdot M_0$
- D. Faux. La cinétique n'est pas linéaire mais exponentielle.
- E. Faux. C'est l'inverse, car $T_{2A} < T_{2B}$ et T_2 diminue avec l'augmentation de la viscosité (cf courbe des T_1 et T_2 en fonction de la viscosité du tissu)

QCM n°10 : C

- A. Faux. La présence du complexe de [Gd] entraîne une accélération en T_1 et T_2 . Ainsi on a $T_{1A} < T_{1B}$ et $T_{2A} < T_{2B}$.
Le tissu A sera en hypersignal par rapport au tissu B en pondération T_1 .
- B. Faux. On a $T_{2A} < T_{2B}$. Le tissu A sera en hyposignal par rapport au tissu B en pondération T_2 .
- C. **Vrai.** Le complexe de [Gd] n'influence en aucun cas la densité de proton, elle reste identique. On ne pourra pas distinguer les 2 tissus en pondération M_0 , on aura un isosignal.
- D. Faux. La fibrose entraîne une diminution de la densité de proton, une augmentation du T_1 et une diminution du T_2 . Ainsi on a $M_0C < M_0D$, $T_{1C} > T_{1D}$, $T_{2C} < T_{2D}$.
Le tissu C sera en hyposignal par rapport au tissu D en pondération T_1 (car il pousse plus lentement vers une densité de proton plus faible)
- E. Faux. On a $T_{2C} < T_{2D}$. Le tissu C sera en hyposignal par rapport au tissu D en pondération T_2 .

QCM n°11 : F

- A. Faux. D'après Larmor : $2\pi\nu_0 = \gamma B_0$ et comme $\gamma_H = 4\gamma_C$ donc : $\nu_H = 4 \nu_C$ et $\nu_C = \frac{\nu_H}{4} = \frac{42 \times 2}{4} = 21 \text{ MHz}$
- B. Faux. En assimilant la masse du proton (^1H) et du neutron (particule responsable du magnétisme du ^{13}C) on a $\frac{\gamma_H}{\gamma_C} = \frac{g_H}{g_C} = 4$ donc $g_C = \frac{5,58}{4} = 1,395$
- C. Faux. L'impulsion RF n'est pas à la fréquence de Larmor, elle n'est pas à la résonance pour les protons, elle ne peut donc pas provoquer une bascule.
- D. Faux. Cette impulsion entrainera bien une bascule de 90° de l'aimantation macroscopique liée aux protons : $\eta = \gamma B_1 \tau = \frac{2\pi\nu_0}{B_0} \times B_1 \times \tau = \frac{2\pi \times 42 \cdot 10^6 \times 2}{2} \times 10^{-3} \times 5,95 \cdot 10^{-6} = 1,57 = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$
Mais il n'y aura pas de bascule de l'aimantation liée aux carbones étant donné que le B_1 n'est pas à la résonance pour le carbone (fréquence de 21 MHz).
- E. Faux. Il s'agit du temps de relaxation spin-spin ou T_2 .

QCM n°12 : A, C, E

- A. **Vrai.** $\gamma = \frac{2\pi\nu_0}{B_0} = \frac{2\pi \times 50 \cdot 10^6}{1,5} = 209439510 = 209 \cdot 10^6 \text{ SI}$
- B. Faux. B_1 est appliqué à la résonance, donc sa fréquence est de 50MHz, il ne faut pas la confondre avec la fréquence de nutation (ν_1)
- C. **Vrai.** $\eta = \gamma B_1 \tau = \frac{2\pi\nu_0}{B_0} \times B_1 \times \tau$ $\tau = \eta \times \frac{B_0}{2\pi\nu_0 \times B_1} = \frac{\pi}{2} \times \frac{1,5}{2\pi \times 50 \cdot 10^6 \times 2 \cdot 10^{-6}} = 3,75 \cdot 10^{-3} = 3,75 \text{ ms}$
- D. Faux. $\eta = \gamma B_1 \tau$, donc si B_1 est doublé, on doit diviser par 2 le temps pour garder le même angle.
- E. **Vrai.** $\eta = \gamma B_1 \tau$, donc si on veut un angle 2 fois plus grand, on peut doubler le temps.

QCM n°13 : B, C, D

- A. Faux. En 0,5 seconde, l'aimantation précesse autour de B_0 et effectue un parcours de $\alpha = \omega t = 2\pi\nu_0 t$
 $\alpha = 2\pi \times 50 \cdot 10^6 \times 0,5 \approx 157 \cdot 10^6 \text{ rad}$ et $\frac{157}{2\pi} \cdot 10^6 \approx 25 \cdot 10^6 \text{ tours}$
- B. **Vrai.** Si on arrête juste après la bascule, l'aimantation aura effectué autour de B_1 un angle équivalent à l'angle de nutation η soit $\frac{\pi}{2} \text{ rad}$, ce qui représente $\frac{1}{4}$ de tour.
- C. **Vrai.** En fin de bascule on aura $\alpha = \omega \tau = \gamma B_0 \tau$
 $\alpha = \frac{2\pi\nu_0}{B_0} \times B_0 \times \tau = 2\pi \times 50 \cdot 10^6 \times 0,00375 \approx 1,2 \cdot 10^6 \text{ rad}$ et $\frac{1,2}{2\pi} \cdot 10^6 \approx 187500 \text{ tours}$
- D. **Vrai.** On doit raisonner comme précédemment mais sans avoir τ ni γ

$$\eta = \gamma B_1 \tau \rightarrow \tau = \frac{\eta}{\gamma B_1} \text{ donc } \alpha = \omega_0 \tau = \gamma B_0 \tau = \gamma B_0 \frac{\eta}{\gamma B_1} = \eta \frac{B_0}{B_1} = \frac{\pi}{2} \times \frac{1,5}{3.10^{-3}} = 250\pi \text{ rad} \rightarrow 125 \text{ tours}$$

E. Faux. cf item D

QCM n°14 : C, D

- A. Faux. La SRM est non invasive, le reste est vrai
- B. Faux. La SRM permet un suivi dans le temps
- C. **Vrai.** Il peut aussi avoir un effet d'écran de la part des courants de cycles aromatiques, ou de groupements dipolaires
- D. **Vrai.**
- E. Faux. Il est maximum.