

# Magnétostatique et RMN – Exercices – Devoirs

## QCM 1 corrigé disponible

D'après ce que vous avez vu en cours concernant la magnétostatique et la RMN :

- A. L'expérience d'Oersted en 1819 a montré que le champ magnétique terrestre produit du courant dans un conducteur électrique.
- B. Un courant électrique continu circulant dans une bobine produit un champ magnétique statique dont la valeur est inversement proportionnelle au carré de l'intensité du courant.
- C. Un champ magnétique statique intense, tel que celui utilisé dans les appareils IRM, peut être produit par des bobines supraconductrices à température ambiante.
- D. Un champ magnétique statique intense, tel que celui utilisé dans les appareils IRM, n'a pas d'effet indésirable sur le corps humain.
- E. Dans un champ magnétique statique intense, les moments magnétiques des protons dits « parallèles » s'orientent dans la même direction, c'est-à-dire parallèlement entre eux.

## QCM 2 corrigé disponible

Sous un champ magnétique  $B_0 = 3 \text{ T}$ , une impulsion de radiofréquence (RF) d'une durée de  $1.10^{-5} \text{ s}$  bascule l'aimantation macroscopique des protons de  $90^\circ$ .

- A. Avant l'application de la RF, l'aimantation macroscopique résultante était animée d'un mouvement de précession.
- B. La fréquence de précession des spins de ces protons est égale à 127,8 MHz.
- C. La fréquence de l'onde RF utilisée est égale à 127,8 MHz.
- D. À  $t = 0 \text{ s}$  après l'impulsion de  $1.10^{-5} \text{ s}$ , la composante transversale de l'aimantation est nulle.
- E. Après une impulsion d'une durée de  $0,5.10^{-5} \text{ s}$ , la composante longitudinale de l'aimantation est égale à la composante transversale.

## QCM 3 corrigé disponible

Une seconde après une impulsion RF de  $90^\circ$ , l'aimantation longitudinale du tissu A est de 63% de  $M_0$  et celle du tissu B de 50% de  $M_0$ .

- A. Ces données produisent une image pondérée en T2.
- B. Le tissu A sera plus intense que le tissu B sur une image pondérée en T1.
- C.  $T1B > T1A$ .
- D.  $T2A > T2B$ .
- E. Le tissu A sera plus intense que le tissu B sur une image pondérée en T2.

## QCM 4 corrigé disponible

Dans un mouvement de précession, comme celui intervenant dans le phénomène de résonance magnétique nucléaire ou celui d'une toupie sans force de frottement :

- A. D'après le principe fondamental de la dynamique, la dérivée par rapport au temps du moment de force, responsable du mouvement de précession, est égale au moment angulaire.
- B. Le moment angulaire peut être nul.
- C. Le moment angulaire est aussi appelé moment cinétique.
- D. Le moment angulaire est parallèle au champ de force appliqué.
- E. La vitesse angulaire de précession est proportionnelle à la norme du champ de force appliqué.

## QCM 5 corrigé disponible

Au sujet de la magnétostatique :

- A. Oersted découvrit, il y a près de 200 ans, qu'un courant électrique produisait un champ magnétique.
- B. Dans le système international d'unité le champ magnétique s'exprime en  $\text{Tesla} \cdot \text{m}^{-1}$ .
- C. Au centre d'une spire circulaire de rayon  $r$  parcourue par un courant  $i$ , la valeur du champ magnétique produit est proportionnel au rapport  $i/r$ .
- D. Une bobine supra-résistive permet de produire des champs magnétiques statiques intenses.
- E. Une boucle de courant placée dans un champ magnétique  $\vec{B}$  est soumise à la force de Laplace qui tend à orienter le moment magnétique de la boucle parallèlement à  $\vec{B}$ .

## QCM 6 corrigé disponible

Au sujet du phénomène de résonance magnétique nucléaire :

- A. La résonance nécessite l'application préalable d'une onde radiofréquence pour faire apparaître une aimantation macroscopique résultante  $M_0$ .
- B. La résonance provoque une bascule de l'aimantation macroscopique résultante.
- C. La résonance est observée durant l'application d'une onde radiofréquence de champ tournant  $B_1$ .
- D. La fréquence de résonance est la fréquence de précession des moments magnétiques de spin des noyaux.
- E. La résonance est précédée du phénomène de relaxation provoqué par l'onde radiofréquence.

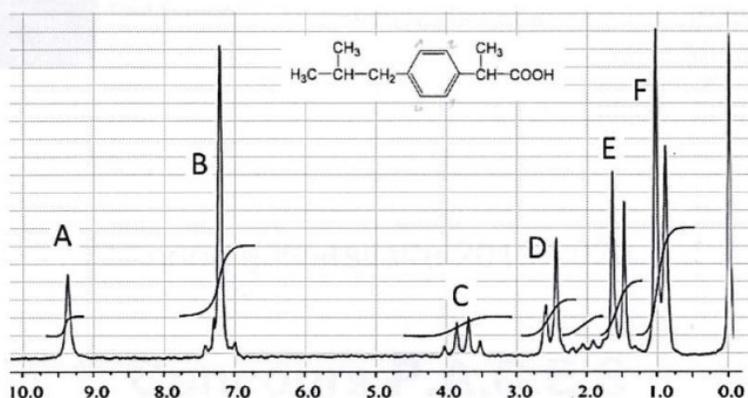
## QCM 7 corrigé disponible

En imagerie IRM, une impulsion radiofréquence de  $70^\circ$  est appliqué à un tissu pour lequel  $T_1 = 500$  ms :

- A.  $T_1$  est appelé temps de relaxation longitudinale.
- B. Plus le  $T_1$  est long, plus le tissu apparaîtra clair sur les images pondérées en  $T_1$ .
- C. À  $t = 0$  ms après la résonance, l'aimantation longitudinale est égale à 26% de sa valeur à l'équilibre.
- D. À  $t = 350$  ms après la résonance, l'aimantation longitudinale est égale à 73% de sa valeur à l'équilibre.
- E. À  $t = 350$  ms après la résonance, l'aimantation longitudinale est égale à 37% de sa valeur à l'équilibre.

## QCM 8 corrigé disponible

A propos du spectre RMN proton de l'ibuprofène présenté ci-dessous, avec sa formule semi-développée et ses courbes d'intégration lissées :



- A. Le pic le plus à droite correspond au pic du tétraméthylsilane.
- B. Les valeurs en abscisse sont les déplacements chimiques exprimés en ppm.
- C. Le quadruplet C correspond à un groupe CH en couplage spin-spin avec un groupe  $\text{CH}_3$ .
- D. Le doublet D correspond au groupe  $\text{CH}_2$  en couplage spin-spin avec un groupe  $\text{CH}_3$ .
- E. Le pic B correspond aux protons du cycle aromatique.

## QCM 9 corrigé disponible

Dans un mouvement de précession, comme celui intervenant dans le phénomène de résonance magnétique nucléaire ou celui d'une toupie sans force de frottement :

- A. Le moment angulaire du système, appelé aussi moment cinétique, peut être nul.
- B. Le déplacement au cours du temps du moment angulaire est perpendiculaire au moment de force responsable de la précession.
- C. Le déplacement au cours du temps du moment angulaire est perpendiculaire à la force responsable de la précession.
- D. Le moment angulaire est égal au moment de la force exercée sur le système.
- E. Le moment d'inertie est proportionnel à la force appliquée.

## QCM 10 corrigé disponible

Au sujet de la magnétostatique :

- A. L'expérience d'Oersted, qui fut à la base des travaux sur l'électromagnétisme, date de près de 100 ans.
- B. L'expérience d'Oersted montra que le déplacement de charges électriques produit un champ magnétique.
- C. Les champs magnétiques statiques les plus élevés sont produits par des bobines supraconductrices utilisées à des températures élevées.
- D. Les champs magnétiques statiques intenses augmentent la température du corps, nécessitant l'utilisation du DAS, débit d'absorption spécifique.
- E. Dans un champ magnétique statique intense, une particule est soumise à la force de Laplace qui accélère la particule parallèlement au champ magnétique.

### QCM 11 corrigé disponible

Des noyaux d'hydrogène  $^1\text{H}$  sont placés dans un champ magnétique statique de 3 T. Une impulsion de radiofréquence dont le champ magnétique  $B_1$  est égal à  $\frac{\pi}{26,75} \cdot 10^{-3}$  T provoque une bascule de  $90^\circ$  de l'aimantation résultante :

- A. Ces noyaux d'hydrogène ont tous un nombre quantique magnétique de spin égal à  $+1/2$ .
- B. La fréquence de Larmor pour ces noyaux d'hydrogène est égale à 42,6 MHz.
- C. La durée de l'impulsion de l'onde radiofréquence est proche de 25  $\mu\text{s}$ .
- D. La durée de l'impulsion de l'onde radiofréquence est proche de 50  $\mu\text{s}$ .
- E. La composante transversale de l'aimantation à l'arrêt de l'impulsion,  $M_x'$ , est égale à la composante longitudinale de l'aimantation avant la mise en résonance,  $M_0$ .

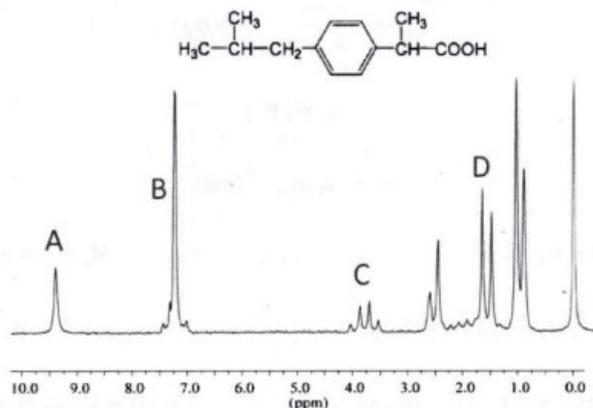
### QCM 12 corrigé disponible

Lors d'une IRM, une impulsion de radiofréquence d'angle  $60^\circ$  est appliquée à un tissu de  $T_1 = 200$  ms.

- A.  $T_1$  est appelé temps de relaxation longitudinale.
- B.  $T_1 > T_2$  pour ce tissu.
- C. À  $t = 0$  ms après l'impulsion,  $M_z$  vaut 50% de l'aimantation longitudinale à l'équilibre.
- D. À  $t = 100$  ms après l'impulsion,  $M_z$  vaut 97 % de l'aimantation longitudinale à l'équilibre.
- E. À  $t = 100$  ms après l'impulsion,  $M_z$  vaut 86 % de l'aimantation longitudinale à l'équilibre.

### QCM 13 corrigé disponible

A propos du spectre RMN proton de l'ibuprofène, présenté ci-dessous avec sa formule semi-développée :



- A. Ce spectre RMN représente l'amplitude de la résonance des protons en fonction de la constante d'écran dont la valeur apparaît sur l'axe des abscisses.
- B. Les pics situés à gauche sur le spectre représentent les groupements les plus blindés, c'est-à-dire ceux dont les protons sont entourés de la densité électronique la plus grande.
- C. Le quadruplet C représente un groupe chimique ayant pour voisin un groupe  $-\text{CH}_3$ .
- D. Le quadruplet C pourrait a priori représenter les protons d'un groupe  $-\text{CH}_3$  de cette molécule.
- E. Le quadruplet C pourrait a priori représenter le proton d'un groupe  $-\text{CH}-$  de cette molécule.

### QCM 14 corrigé disponible

La fréquence de résonance

- A. du proton est de 100 MHz à 9,35 teslas
- B. du  $^{13}\text{C}$  est de 100 MHz à 9,35 teslas
- C. du proton est de 100 MHz à 2,35 teslas
- D. du  $^{13}\text{C}$  est de 100 MHz à 2,35 teslas
- E. du proton et du  $^{13}\text{C}$  peut être la même

### QCM 15 corrigé disponible

Une molécule contenant des protons et du carbone 13

- A. résonne à 125 MHz à 2,35 T car  $125 = 100 + 25$
- B. résonne à 200 MHz à 4,7 T
- C. résonne à 50 MHz à 4,7 T
- D. résonne à 42,6 MHz et à 25 MHz à 2,35 T
- E. résonne à 16 MHz et à 64 MHz à 1,5 T

### QCM 19 corrigé disponible

### QCM 16 corrigé disponible

Un angle de bascule de  $\pi$  est obtenu à 4,7 T par l'application d'un champ magnétique tournant

- A. à 10 MHz sur des carbones 13 pendant 466  $\mu\text{s}$  à l'intensité de  $10^{-4}$  T
- B. à 50 MHz sur des carbones 13 pendant 58  $\mu\text{s}$  à l'intensité de  $8 \cdot 10^{-4}$  T
- C. à 200 MHz sur des protons pendant 58  $\mu\text{s}$  à l'intensité de  $2 \cdot 10^{-4}$  T
- D. à 42,6 MHz sur des protons pendant 117  $\mu\text{s}$  à l'intensité de  $10^{-4}$  T
- E. à 200 MHz sur des protons pendant 29  $\mu\text{s}$  à l'intensité de  $4 \cdot 10^{-4}$  T

### QCM 17 corrigé disponible

Un examen est réalisé en 307 s en administrant 15 350 impulsions de radiofréquence (RF) chacune de durée  $60 \cdot 10^{-6}$  s et d'énergie  $4 \cdot 10^{-3}$  J/m<sup>3</sup>

- A. il est délivré 50 impulsions RF par seconde
- B. SAR > 4 W/kg
- C. SAR < 4 W/kg
- D. l'intensité moyenne de l'onde RF pour transmission de ces impulsions dans un tissu d'indice 10 est  $\bar{I} = 12 \cdot 10^4$  W/m<sup>2</sup>
- E.  $\bar{I} > 200$  W/cm<sup>2</sup>

### QCM 18 corrigé disponible

100 ms après une impulsion RF de  $90^\circ$  les composantes transversales de l'aimantation résultante des tissus A et B sont respectivement égales à 37 % et 14 % de leurs aimantations résultantes d'équilibre (que l'on considérera égales)

- A. le tissu A est plus blanc que le tissu B
- B. le tissu B est moins blanc que le tissu A
- C. T2 A < T2 B
- D. T2 A = 50 ms
- E. T2 B = 50 ms

### QCM 22 corrigé disponible

Des noyaux d'hydrogène  $^1\text{H}$  placés dans un champ magnétique statique  $B_0 = 1$  T sont mis en résonance par un champ  $B_1 = 10^{-4}$  T :

- A.  $B_1$  est un champ magnétique statique.
- B. La résonance nécessite une onde radiofréquence de 63,9 MHz.
- C. L'aimantation macroscopique résultante bascule d'un angle  $\varphi = 180^\circ$  pour une durée d'impulsion de  $B_1$  proche de  $1,17 \cdot 10^{-4}$  s.
- D. L'aimantation macroscopique résultante bascule d'un angle  $\varphi = 90^\circ$  pour une durée d'impulsion de  $B_1$  proche de  $0,585 \cdot 10^{-4}$  s.
- E. Pour une impulsion d'angle  $\varphi = 90^\circ$ , la composante transversale de l'aimantation à l'arrêt de l'impulsion est égale à la norme de l'aimantation initiale  $M_0$ .

### QCM 20 corrigé disponible

Une IRM proton 3T, avec une onde radiofréquence de champ magnétique  $B_1 = 3,14 \cdot 10^{-4}$  T, permet de visualiser 2 tissus, A et B, tels que T1A > T1B :

- A. Une impulsion d'angle  $180^\circ$  est obtenue pour une durée d'impulsion d'environ 37  $\mu\text{s}$ .
- B. Une impulsion d'angle  $90^\circ$  est obtenue pour une durée d'impulsion d'environ 37  $\mu\text{s}$ .
- C. En imagerie T1, le tissu A apparaît plus clair que le tissu B.
- D. En imagerie T2, le tissu A apparaît plus clair que le tissu B.
- E. T2A < T2B.

### QCM 21 corrigé disponible

Une IRM proton 1,5 T permet de visualiser 2 tissus, A et B, caractérisés par leurs temps de relaxation respectifs : T1A, T1B, et T2A, T2B. On donne T1A=2300ms, et T1B=700ms :

- A. T2 est appelé temps de relaxation transversal.
- B. T2A > T2B.
- C. En imagerie T2, le tissu A apparaît plus clair que le tissu B.
- D. A t=140 ms après une impulsion de  $90^\circ$ , l'aimantation longitudinale pour le tissu B a atteint 18% de l'aimantation résultante d'équilibre.
- E. A t=140 ms après une impulsion de  $90^\circ$ , l'aimantation longitudinale pour le tissu B a atteint 82% de l'aimantation résultante d'équilibre.

### QCM 25 corrigé disponible

Sur des images IRM, on distingue deux tissus A et B dont les temps de relaxation sont donnés sur le tableau ci-contre :

- A. En IRM pondérée en T1, le tissu A apparaît plus clair que le tissu B.
- B. En IRM pondérée en T2, le tissu A apparaît plus clair que le tissu B.
- C. 0,1 seconde après une impulsion de 90°, la composante transversale de l'aimantation du tissu A vaut environ 14% de l'aimantation résultante d'équilibre.
- D. 0,1 seconde après une impulsion de 90°, la composante transversale de l'aimantation du tissu A vaut environ 37% de l'aimantation résultante d'équilibre.
- E. 0,1 seconde après une impulsion de 90°, la composante transversale de l'aimantation du tissu B vaut environ 37% de l'aimantation résultante d'équilibre.

Tissu	T1 (ms)	T2 (ms)
A	900	100
B	500	83

### QCM 23 corrigé disponible

Au sujet du mouvement de précession des moments magnétiques des noyaux intervenant préalablement au phénomène de résonance magnétique nucléaire :

- A. La précession est provoquée par le moment d'inertie, également appelé moment cinétique, des noyaux.
- B. La précession est provoquée par un moment de force dirigé perpendiculairement au champ magnétique appliqué.
- C. Le moment de force est égal à la dérivée par rapport au temps du moment angulaire des noyaux.
- D. La vitesse angulaire de précession s'exprime dans le système international d'unité en Hz ou s<sup>-1</sup>.
- E. La fréquence de précession est caractéristique d'un noyau, quel que soit le champ magnétique statique appliqué.

### QCM 24 corrigé disponible

D'après ce que vous avez retenu concernant la magnétostatique :

- A. Tout courant électrique produit un champ magnétique.
- B. Un courant continu circulant dans une bobine crée au centre de la bobine un champ magnétique inversement proportionnel au carré de l'intensité du courant.
- C. Un champ magnétique appliqué à une particule chargée au repos accélère cette particule et lui communique une trajectoire rectiligne.
- D. Un champ magnétique appliqué à une particule chargée au repos accélère cette particule et lui communique une trajectoire circulaire.
- E. Un champ magnétique appliqué à une particule possédant un moment angulaire de spin non nul provoque un mouvement de précession de ce moment angulaire.

### QCM 27 corrigé disponible

Lorsqu'une population de noyaux de spin 1/2 est placée dans un champ magnétique statique intense  $\vec{B}_0$  :

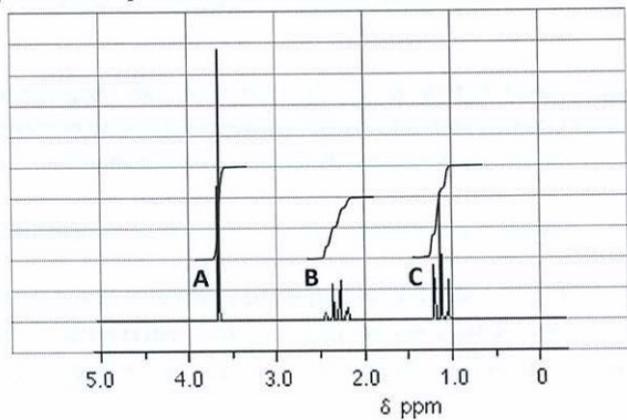
- A. Le nombre quantique magnétique de spin de ces noyaux est proportionnel à  $B_0$ .
- B. La moitié exactement des moments magnétiques des noyaux s'orientent principalement dans le même sens que  $\vec{B}_0$ , l'autre moitié en sens inverse.
- C. Cette population de noyau se répartit en 2 états énergétiques dont la différence d'énergie est proportionnelle à la fréquence de Larmor de ces noyaux.
- D. Une aimantation macroscopique résultante apparaît dirigée dans la même direction et dans le même sens que  $\vec{B}_0$ .
- E. La composante longitudinale de l'aimantation résultante est nulle.

### QCM 26 corrigé disponible

Des noyaux d'hydrogène  $^1_1\text{H}$  sont placés dans un champ magnétique statique de 3 T. Une impulsion de radiofréquence dont le champ magnétique est égal à  $\frac{\pi}{2,675} \cdot 10^{-4}$  T provoque une bascule de 90° de l'aimantation résultante :

- A. La fréquence de Larmor est proche de 63,9 MHz.
- B. La fréquence de l'onde radiofréquence est proche de 127,8 MHz.
- C. La durée de l'impulsion de l'onde radiofréquence est proche de 50  $\mu\text{s}$ .
- D. La durée de l'impulsion de l'onde radiofréquence est proche de 2,675 ms.
- E. La composante transversale de l'aimantation à l'arrêt de l'impulsion est égale à la composante longitudinale de l'aimantation avant la mise en résonance.

Soit le spectre RMN proton avec courbes d'intégration, présenté ci-dessous :



- A. Le pic A est le pic du tétraméthylsilane (TMS).
- B. Le quadruplet B peut représenter les protons d'un groupe  $-CH_3$  en couplage spin-spin avec un groupe  $-CH_2-$  voisin.
- C. Le quadruplet B peut représenter les protons d'un groupe  $-CH_2-$  en couplage spin-spin avec un groupe  $-CH_3$  voisin.
- D. Ce spectre pourrait être compatible avec la molécule de formule semi-développée :  $CH_3-CH_2-Br$
- E. Ce spectre pourrait être compatible avec la molécule de formule semi-développée :  $CH_3-CH_2-COO-CH_3$