ANNALE BIOPHYSIQUE 2022-2023 SESSION 2

Pr. NOURRY, DELALANDE & GAMBAROTA

Ce document est réalisé par les tuteur.ice.s du tutorat de pharmacie de Rennes, les erreurs sont possibles et le cours du professeur.e primera ***toujours*** *sur cette correction. Nous appelons les étudiant.e.s à* ***être vigilant.e.s*** *sur les éventuels changements qui sont apportés durant les cours. Ce document reste la propriété intellectuelle de l'ATPR disponible gratuitement sur le site, il ne peut donc pas être vendu, fourni ou présenté lors d'une démonstration payante. Toute reproduction, totale ou partielle, et toute représentation du contenu substantiel, par quelque procédé que ce soit est interdite et constitue une* ***contrefaçon sanctionnée*** *par les articles L.335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.*

Question 1 (F. Noury – 8 points)

1. Pourquoi tous les noyaux atomiques ne sont pas exploitables en Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) ? (1 point)

Les noyaux atomiques ne sont pas exploitables en RMN car ils ne possèdent pas tous des propriétés magnétiques. En effet, pour être exploitables, les noyaux doivent présenter un moment cinétique différent de zéro ainsi qu'un nombre quantique de spin non nul. Avec ceci, le noyau peut tourner sur lui-même et créer un moment magnétique et donc posséder des propriétés magnétiques.

2. Donner la formule de la fréquence de Larmor. (1 point)

$$\nu_0 = \frac{\gamma}{2\pi} \times |B_0|$$

La fréquence de Larmor est liée au rapport gyromagnétique de la molécule (γ) et à l'intensité du champ magnétique (B0).

3. Expliquer la signification physique de cette formule. (1-2 phrases, 1 point)

La RMN étudie la réponse des noyaux atomiques placés dans un état physique particulier (la résonance), par l'action combinée d'un champ magnétique constant B0 et d'un champ radio-fréquence (= variable). Le champ magnétique constant induit la rotation du noyau autour de la direction du champ magnétique B0 à la vitesse angulaire : on appelle ça la précession de Larmor. Le noyau tourne à une certaine fréquence qu'on appelle la fréquence de Larmor. Il dépend du champ magnétique de l'appareil et du rapport gyromagnétique γ qui définit la nature du noyau.

4. Le recours à un agent de contraste est-il systématique en IRM in vivo pour modifier le contraste d'une image ? Justifier votre réponse. (1 point)

L'IRM in vivo est une des méthodes d'imagerie qui ne nécessite pas systématiquement un agent de contraste. Initialement, les techniques d'IRM permettent déjà d'obtenir des contrastes tissulaires en changeant les propriétés. On peut néanmoins en utiliser pour augmenter le contraste en diminuant le temps de relaxation. Ce n'est pas l'agent de contraste que l'on va mesurer donc il n'est pas obligatoire pour tous les tissus.

5. Expliquer en quelques phrases le principe d'utilisation en IRM in vivo d'un agent de contraste de type chélate de gadolinium (4 points) :

- **Quelles sont les propriétés de cet agent de contraste ?**
- **Comment agit-il sur le signal de RMN ?**
- **Que permet-il de mettre en évidence (donner un exemple d'application en routine clinique ou en recherche) ?**
- **Quelle est l'utilité du chélate ?**

Le chélate de gadolinium a des propriétés paramagnétiques. Le gadolinium est un métal qui possède les propriétés d'un agent T1 car les électrons ont également un moment magnétique. Vu que les couches électroniques sur les métaux ne sont pas complètes, les électrons ont un petit champ magnétique. Le gadolinium présente un grand effet car il possède 7 e- célibataires qui ont chacun un moment magnétique.

Il permet d'augmenter le contraste en changeant la valeur du T1. Plus on augmente la concentration en gadolinium, plus le temps de relaxation (T1) diminue et plus le signal sur l'image augmente.

On l'utilise pour détecter les tumeurs, et notamment pour différencier un œdème de la tumeur.

Le gadolinium étant un atome dangereux/toxique pour la santé, on le chélate afin de le "piéger". Sous forme non chélaté, il rentre en compétition avec le calcium, et devient donc dangereux pour l'organisme.

Question 2 (G. Gambarota – 2 points)

Il y a eu une suspension d'AMM (AMM : Autorisation de Mise sur le Marché) pour certains produits de contraste gadolinés. Expliquer la raison de cette suspension.

Des données scientifiques ont montré une accumulation de gadolinium dans le cerveau (plusieurs mois après la dernière injection de produit de contraste au gadolinium). En règle générale, le gadolinium est chélaté. Il existe deux types de produits de contraste à base de gadolinium : on retrouve les chélates cycliques et linéaires. Les chélates linéaires, de par leur structure, facilitent la libération du gadolinium de son chélate avec le temps (parce qu'ils ne piègent pas totalement l'atome comme les chélates cycliques qui englobent le gadolinium entièrement). Les chélates cycliques "piègent" mieux le gadolinium.

Question 3 (G. Gambarota – 3 points)

On remplit un tube polarimétrique de longueur d = 25 cm d'une solution composée de saccharose et de glucose dissous dans de l'eau distillée. La concentration en glucose est égale à 0,15 g.cm-3.
L'angle de rotation (a) mesuré à l'aide d'un polarimètre, est égal à 39,80°.
Déterminer la concentration en saccharose.
[Pouvoir rotatoire du saccharose, aS = 66,50° dm-1 g-1 cm3 ;
Pouvoir rotatoire du glucose, aG = 52,75° dm-1 g-1 cm3]

$$\alpha = \alpha_D \times l \times C_D$$

α correspond à l'angle de rotation → exprimé en °
αD correspond au pouvoir rotatoire du composé D → exprimé en °.dm-1.g-1.cm3

l correspond à la longueur (ça correspond à “d” dans l’énoncé) → exprimé en dm
CD correspond à la concentration du composé D dans la solution → exprimé en g.cm-3

$$\alpha = \alpha_{DS} \times l \times C_S + \alpha_{DG} \times l \times C_G$$
$$\alpha_{DS} \times l \times C_S = \alpha - \alpha_{DG} \times l \times C_G$$
$$C_S = \frac{\alpha - \alpha_{DG} \times l \times C_G}{\alpha_{DS} \times l} = \frac{39{,}80 - 52{,}75 \times 25 \times 10^{-1} \times 0{,}15}{66{,}50 \times 25 \times 10^{-1}} = 0{,}12 g.cm^{-3}$$

Question 4 (G. Gambarota – 3 points)

Décrivez les types d'ondes électromagnétiques présentes dans les amphithéâtres de vos cours.

Dans les amphithéâtres, il y a des micro-ondes (téléphones, bluetooth, wifi), des ondes radio (par radiodiffusion), des UV, les infrarouges (dégagés par les êtres vivants + pointeur du prof), les ondes lumineuses (visible par l’humain).

Question 5 (O. Delalande – 4 points)

Au cours d’une radiographie d’un membre, par des rayons X de 78 keV en moyenne, on a pu vérifier que 2 cm d’os arrêtent 84% du faisceau par effet photo-électrique.

1. Calculer en cm2.g-1, le coefficient d’atténuation massique μφ/ρ de l’os. [ρos = 1,8 g.cm-3] "

Pour calculer le coefficient d’atténuation massique $\frac{\mu_\varphi}{\rho}$ de l’os, nous avons besoin de ρ_{os} ainsi que de μ_φ. Or, la seule donnée dans l’énoncé est ρ_{os}. Il nous faut donc déterminer la valeur de μ_φ par le calcul. Pour cela, nous allons utiliser la formule suivante :

$$N = N_0 e^{-\mu_\varphi x}$$
$$e^{-\mu_\varphi x} = \frac{N}{N_0}$$
$$-\mu_\varphi x = ln\frac{N}{N_0}$$
$$\mu_\varphi = -\frac{1}{x} ln\frac{N}{N_0} = -\frac{1}{2} ln\frac{100-84}{100} = -\frac{1}{2} ln\frac{16}{100} = 0{,}92 cm^{-1}$$

Donc $\frac{\mu_\varphi}{\rho} = \frac{0{,}92}{1{,}8} = 0{,}511 cm^2.g^{-1}$

2. En déduire le coefficient μφ/ρ du muscle. [Zos = 13,8 et Zmuscle = 7,42]
Constante de Planck Vitesse de la lumière Électron-Volt
h = 6,62.10-34

c = 3.108 m.s-1
1 eV = 1,6.10-19 J

$E = 78keV = 78 \times 10^3 \times 1{,}6 \times 10^{-19} = 1{,}25 \times 10^{-14} J$

La formule à utiliser est :

$$\frac{\mu_\varphi}{\rho} = K\frac{Z^3}{E^3}$$

K est une constante, sa valeur est identique que ce soit pour l'os ou pour le muscle. Etant donné que nous connaissons toutes les données de cette formule pour les os, nous devons en premier lieu déterminer la valeur de K. Puis, nous réimplanterons cette valeur dans le calcul du coefficient du muscle

Loi de Bragg et Pierce :

$$\frac{\mu_\varphi}{\rho} = K\frac{Z^3}{E^3}$$

$$K = \frac{\mu_\varphi E^3}{\rho Z^3} = 0{,}511 \times \frac{(1{,}25 \times 10^{-14})^3}{(13{,}8)^3} = 3{,}80 \times 10^{-46}$$

$$\frac{\mu_\varphi}{\rho} = K\frac{Z^3}{E^3} = 3{,}80 \times 10^{-46} \times \frac{(7{,}42)^3}{(1{,}25 \times 10^{-14})^3} = 0{,}08 cm^2.g^{-1}$$