

TD d'Imagerie par Résonance Magnétique

$$\gamma = \frac{\gamma_0 \hbar / T}{2\pi}$$

Ex 1 - Champ magnétique B0

Un échantillon d'eau est placé dans un IRM de champ magnétique statique $B_0 = 9.4$ T.

1. Quelle est la fréquence de précession des spins (i.e. de Larmor), sachant que le rapport gyromagnétique de l'eau est égal à 42.58 MHz/T ? $\gamma = \gamma B_0 = 400,3$ MHz.
2. On remplace maintenant l'échantillon d'eau par un échantillon inconnu, et on mesure une fréquence de précession égale à 162 MHz : déterminez la nature de l'échantillon.

$$\gamma = \gamma / B_0 = 162 / 9,4 = 17,23 \text{ MHz} \Rightarrow \text{Rapport gyro du Phosphore (31P)}$$

Ex 2 - Résonance et émission RF

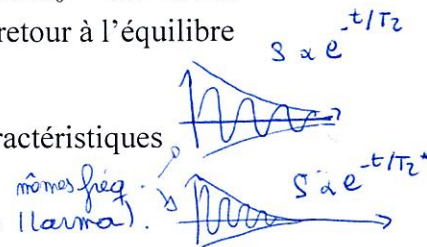
Un échantillon d'eau est placé dans une IRM de champ magnétique statique $B_0 = 3.0$ T.

1. Que faut-il faire pour basculer l'aimantation de cet échantillon dans le plan transverse ? Résonance 128 MHz.
2. Calculez l'angle θ de bascule de l'aimantation pour une impulsion de 100 μ T appliquée pendant 10 μ s. $\theta = \gamma B_1 \tau$ ($\gamma = \gamma \times 2\pi = 267,5 \times 10^6 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$) $\Rightarrow \theta = 0,267 \text{ rad} \approx 15^\circ$.
3. Quel serait l'angle si ce pulse a une durée deux fois plus longue ? 30° (x2).

Sujet 3 - Relaxation du signal et réception du signal (principe physique, matériel)

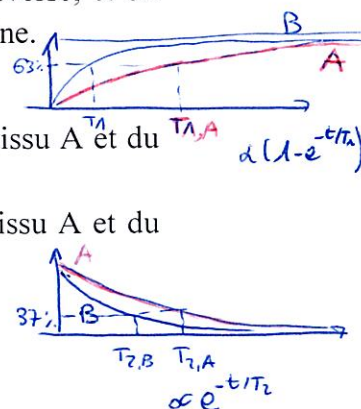
Un échantillon d'eau est placé dans un IRM de champ magnétique statique $B_0 = 1.5$ T. On excite l'échantillon à l'aide d'une impulsion RF, et on acquiert le signal de retour à l'équilibre à l'aide d'une antenne.

1. Dessinez l'allure du signal recueilli par l'antenne, en donnant ses caractéristiques
 - a. Dans le cas où le champ B_0 est homogène
 - b. Dans le cas où le champ B_0 n'est pas parfaitement homogène



On place maintenant dans l'IRM un tissu A, ayant $T_1 = 1000$ ms et $T_2 = 150$ ms, et un tissu B, ayant $T_1 = 200$ ms et $T_2 = 50$ ms. On bascule leur aimantation dans le plan transverse, et on observe leur retour à l'équilibre, dans un champ magnétique parfaitement homogène.

2. Tracez ...
 - a. L'évolution de l'aimantation longitudinale au cours du temps du tissu A et du tissu B
 - b. L'évolution de l'aimantation transversale au cours du temps du tissu A et du tissu B

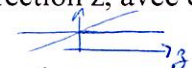
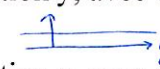
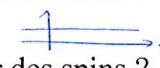


Ex 4 - Les gradients en IRM (principe physique, matériel)

Sur un imageur clinique de $B_0 = 1.5$ T, orienté suivant l'axe x , on applique un gradient de champ magnétique, dans la direction z , égal à $G_z = 4.7$ mT/m.

1. Donnez l'expression mathématique du champ magnétique total résultant ($B_{\text{tot}}(z)$)

$$B_{\text{tot}}(z) = B_0 + \underbrace{G_x \cdot x}_{=0} + \underbrace{G_y \cdot y}_{=0} + G_z \cdot z \quad \text{) } / \vec{x}$$

2. Quelle est l'orientation du champ magnétique $B_{\text{tot}}(z)$? $\vec{x}$
3. Tracez l'évolution du champ magnétique total dans la direction z , avec et sans gradient G_z .

4. Tracez l'évolution du champ magnétique total dans la direction y , avec et sans gradient G_z .

5. Tracez l'évolution du champ magnétique total dans la direction x , avec et sans gradient G_z .

6. Quel est l'impact de ce gradient sur la fréquence de Larmor des spins ?

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \gamma (B_0 + G_z \cdot z)$$

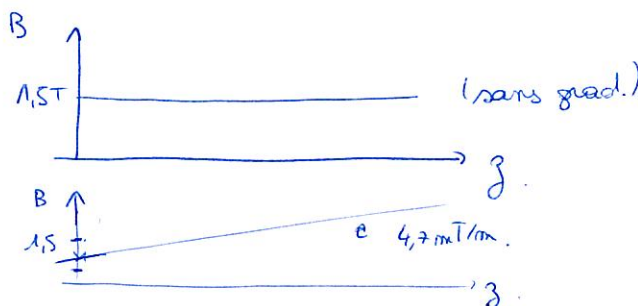
Ex 5 - Principe de la sélection de coupe

Sur un imageur clinique de 1.5 T, on applique un gradient dans la direction z égal à $G_z = 4.7$ mT/m.

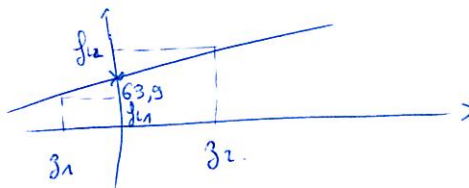
1. On envoie une impulsion RF de fréquence centrale égale à 63.9 MHz et de bande passante de 1 kHz. Calculez l'épaisseur de coupe associée au gradient G_z et à cette impulsion.
2. On utilise maintenant une bande passante égale à 500 Hz. Calculez la nouvelle épaisseur de coupe.
3. On applique maintenant un gradient G_z égale à 2.35 mT/m et une bande passante de 500 Hz. Calculez la nouvelle épaisseur de coupe.

$$G_z = 4.7 \text{ mT/m.}$$

$$B_{\text{tot}} = B_0 + G_z \cdot z$$



$$f_L = \gamma (B_0 + G_z \cdot z)$$



$$\left. \begin{aligned} \gamma (B_0 + G_z \cdot z_1) &= 63.9 - BP/2 \\ \gamma (B_0 + G_z \cdot z_2) &= 63.9 + BP/2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \gamma G_z (z_2 - z_1) = BP$$

$$\Rightarrow \gamma G_z \cdot \Delta z = BP$$

$$\Rightarrow \Delta z = BP / \gamma G_z$$

$$1. \Delta z = 5 \text{ mm.}$$

$$2. \Delta z = 2.5 \text{ mm.}$$

$$3. \Delta z = 5 \text{ mm.}$$