

Exercice 3 (D'après bac STL Biotechnologie Antilles Juin 2014)

Une des techniques les plus performantes en imagerie médicale est l'imagerie par résonance magnétique (I.R.M.). Les images obtenues sont très précises, d'excellente qualité et de très grande sensibilité (on atteint actuellement une résolution de l'ordre du millimètre). Cette technique reposant sur les propriétés magnétiques de la matière, afin de mieux l'assimiler, l'étudiant se penche tout d'abord sur les caractéristiques générales d'un champ magnétique. Il considère ainsi le champ magnétique terrestre.

1 Les propriétés du champ magnétique terrestre

- 1.1. Comment peut-on mettre en évidence le champ magnétique terrestre ?
- 1.2. Comment appelle-t-on les courbes représentées sur l'annexe B1 ?
- 1.3. En complétant le document réponse DR2, représenter sur une de ces courbes une petite aiguille aimantée. On indiquera bien clairement la nature de chacun de ses pôles.
- 1.4. Les pôles géographiques et magnétiques correspondent-ils ?
- 1.5. L'intensité du champ magnétique terrestre B vaut $4,7 \times 10^{-5}$ S.I. Quel est le nom de cette unité et quel est son symbole ?

2 Le principe de l'imagerie par résonance magnétique : IRM

Données :

vitesse des ondes électromagnétiques dans l'air : $c = 3,0 \times 10^8$ m.s⁻¹

constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s

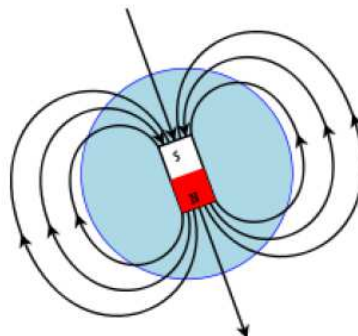
1 eV = $1,6 \times 10^{-19}$ J

1 nm = 10^{-9} m

1 MHz = 10^6 Hz

- 2.1. Peut-on négliger le champ magnétique terrestre devant le champ magnétique créé par un aimant ?
- 2.2. À partir de l'annexe B3, tracer sur papier millimétré la courbe $\nu = f(B)$ en prenant pour échelle : 4 cm pour 1 T et 1 cm pour 10 MHz. Quel constat peut-on faire ?
- 2.3. Établir que la valeur de la fréquence du rayonnement électromagnétique qui sera utilisé pour l'IRM de 11,7 T est d'environ 491 MHz.
- 2.4. Déterminer la valeur de la longueur d'onde de ce rayonnement électromagnétique.
- 2.5. Déterminer l'énergie associée à ce rayonnement. Exprimer cette énergie en joules puis en eV.
- 2.6. Quel est l'intérêt d'utiliser un électroaimant supraconducteur ?

Le champ magnétique terrestre existe en tout point situé au voisinage de la Terre. L'origine de ce champ est encore controversée. On pense pouvoir l'attribuer à des mouvements de substances magnétiques qui composent le noyau terrestre. Le champ magnétique terrestre a, en première approximation, la même configuration que celle d'un aimant droit placé au centre de la Terre.



Annexe B1 – Représentation du champ magnétique

L'IRM est basée sur les propriétés magnétiques du noyau d'hydrogène présent dans les tissus biologiques.

La première étape d'une IRM consiste à placer le patient dans un champ magnétique intense obtenu avec un électroaimant supraconducteur. Les noyaux de ces atomes s'alignent dans l'axe de ce champ.

Puis, on crée une stimulation générée par une onde de radiofréquence déterminée qui entraîne une bascule de l'axe de ces noyaux.

Après l'arrêt de la stimulation, les atomes reviennent à leur état d'équilibre en restituant de l'énergie sous forme d'un signal, qui est capté et analysé.

Annexe B2 – Principe de l'IRM

Les IRM médicales utilisent généralement des champs magnétiques de 1,5 S.I. Le centre du C.E.A, NeuroSpin, inauguré en novembre 2006, spécialisé en neuro-imagerie cérébrale, est équipé de deux aimants de 3 et 7 S.I. Ce dernier, unique en France, permettra d'obtenir une sensibilité 4 fois supérieure à celle des IRM de 1,5 S.I. A terme, les équipes de NeuroSpin prévoient la conception et la réalisation d'un aimant d'une puissance à ce jour inégalée dans le monde : 11,7 S.I.

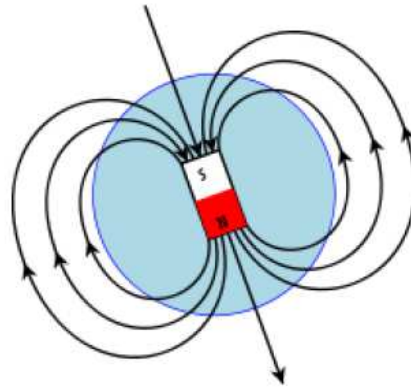
La fréquence des ondes électromagnétiques qui permettent la résonance des protons doit être adaptée à la valeur du champ électromagnétique, comme le montre le tableau ci-dessous :

intensité B du champ magnétique (S.I)	0,5	1	2	4
fréquence ν des ondes E.M. (MHz)	21	42	84	168

Annexe B3 – L'IRM à haut champ

Pour produire un champ magnétique intense de plusieurs teslas, on utilise des électroaimants supraconducteurs refroidis à l'aide d'hélium liquide qui maintient une température de 4 K. Les conducteurs ont alors une résistance électrique nulle qui permet de faire circuler un courant d'une grande intensité (de 30 à 90 A) sans perte par effet Joule.

Annexe B4 – L'électroaimant supraconducteur



DR2 – Représentation du champ magnétique terrestre