

IMPLANT COCHLÉAIRE : ses contraintes, son fonctionnement, son alimentation.

Partie I : imagerie par résonance magnétique pour un porteur d'implant cochléaire

I.1. Fonctionnement d'un appareil à imagerie par résonance magnétique (IRM).

I.1.1. Rôle joué par chaque grandeur physique dans la réalisation d'une image par un dispositif d'IRM :

- Le champ magnétique : met en oscillation les "petits aimants" équivalents
- Ondes électromagnétiques : elles sont émises par le milieu et captées par une antenne.
- Signal électrique : Il est traité pour constituer une image.

I.1.2. Calcul de la fréquence de l'onde :

Sachant que la fréquence f est proportionnelle au champ magnétique B

42,58 MHz pour 1,00 T

f pour 1,50 T

$$f = \frac{1,50 \times 42,58}{1} = 63,87 \text{ MHz}$$

I.1.3. Domaine de longueur d'onde :

On a la relation :

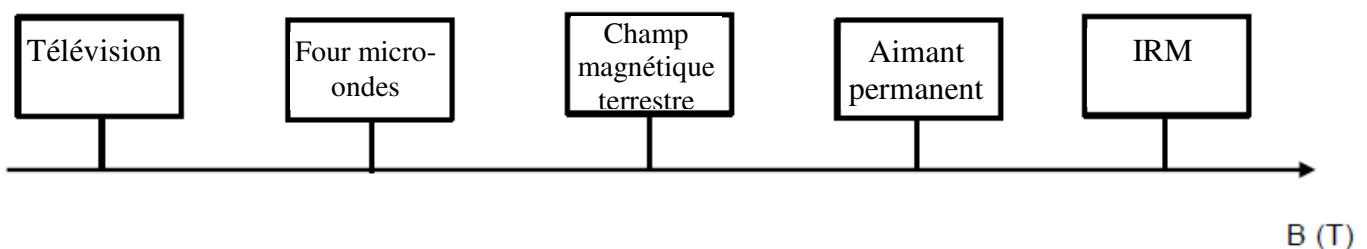
$$\lambda = c \times T = \frac{c}{f} = \frac{3,00 \times 10^8}{63,87 \times 10^6} = 4,70 \text{ m}$$

D'après le document 3, les ondes émises par les noyaux d'hydrogène appartiennent au domaine des ondes radioélectriques.

I.1.4. D'après le document 2, la bobine supraconductrice est constituée d'un matériau supraconducteur à cette température et possède donc une résistance nulle. Cela permet de faire circuler dans cette bobine une intensité élevée sans perte par effet joule. Sachant que l'intensité du champ magnétique croît avec l'intensité du courant cela permet d'obtenir un champ magnétique intense.

I.1.5. Classement des champs magnétiques

Document réponse 1 :



Le champ magnétique créé par l'IRM est :

- $\frac{1,5}{0,050 \times 10^{-3}} = 30000$ fois plus grand que le champ magnétique terrestre.

- $1,5 \times 10^6 = 1,5$ millions de fois plus grand que le champ magnétique créé par une télévision

- $\frac{1,5}{0,1} = 15$ fois plus grand que le champ magnétique d'un aimant

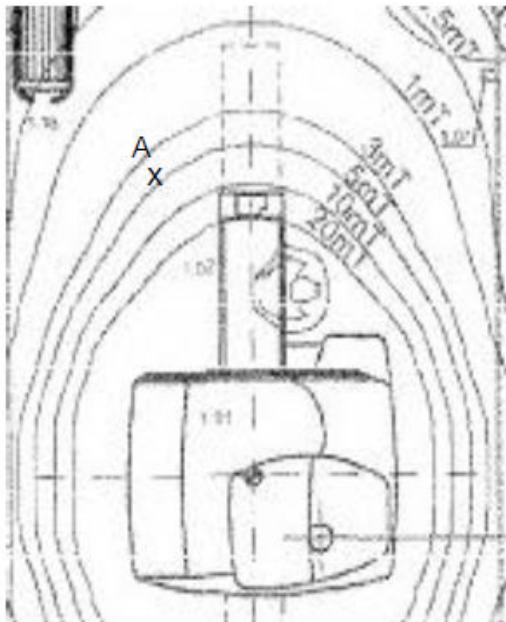
- $\frac{1,5}{5 \times 10^{-6}} = 3 \times 10^6 = 3$ millions de fois plus grand que le champ magnétique créé par un four

micro-onde.

I.2. Variations de l'intensité du champ magnétique autour de l'appareil IRM

I.2.1. Encadrement de la valeur du champ magnétique en A

Document réponse 2 :



L'intensité du champ magnétique au point A est :

supérieur à :

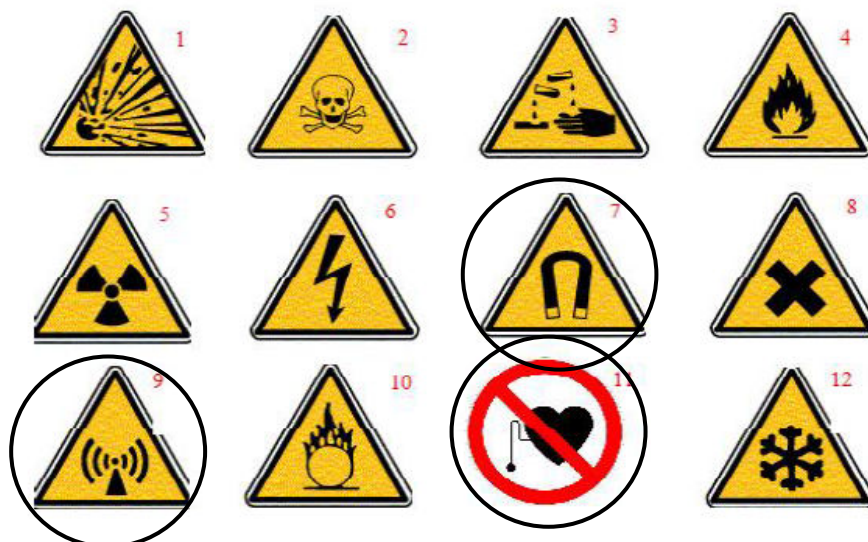
inférieur à :

I.2.2. L'appareil qui permet de mesurer la valeur d'un champ magnétique est le teslamètre.

I.2.3. La valeur du champ magnétique terrestre est de 0,05 mT. D'après le document 5, dans le local de commande, le champ magnétique est compris entre 0,05 mT et 0,15 mT. Il est donc 1 à 3 fois plus grand que le champ magnétique terrestre.

I.2.4. Pictogramme devant figurer sur un appareil IRM

Document réponse 3 : pictogrammes et interdiction

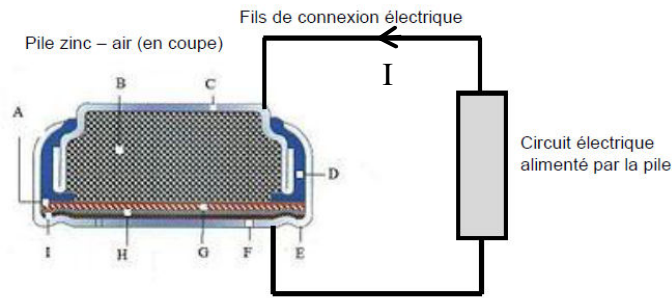


Il s'agit des pictogrammes 7 (présence d'un champ magnétique), 9 (présence d'un champ radiofréquence) et 11 (absence de stimulateur cardiaque).

Partie II: alimentation de l'implant cochléaire.

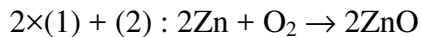
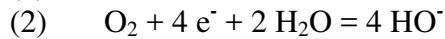
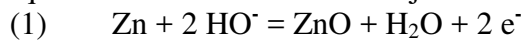
II.1. Fonctionnement de la pile zinc-air

II.1.1. D'après la demi-équation (1), les électrons partent de l'électrode de zinc donc le courant entre par cette électrode.



II.1.2. D'après la demi-équation (2), l'autre couple mis en jeu est O_2 / HO^-

II.1.3. Equation de la réaction mise en jeu dans la pile :



II.1.4. Cette pile s'appelle zinc-air car les réactifs sont le zinc et le dioxygène qui provient de l'air (ouverture au niveau du boîtier).

II.2. Utilisation de la pile zinc air p675

II.2.1. Calcul de l'autonomie de fonctionnement de la pile de l'implant :

D'après le document 7, la pile zinc air p675 a une capacité de 570 mA.h.

On a la relation :

$$Q = I \times \Delta t \quad \text{donc} \quad \Delta t = \frac{Q}{I} = \frac{570}{8} = 71,25 \text{ h}$$

II.2.2. Calcul de la quantité de matière $n_{(e^-)}$ d'électrons échangée :

$$Q = 570 \text{ mA.h} = 570 \times 10^{-3} \times 3600 = 2052 \text{ C}$$

La constante de Faraday F correspond à la quantité d'électricité pour une mole d'électrons donc : $F = 1,6 \times 10^{-19} \times 6,02 \times 10^{23} = 96320 \text{ C.mol}^{-1}$

On a la relation :

$$Q = n_{e^-} \times F \quad \text{donc} \quad n_{e^-} = \frac{Q}{F} = \frac{2052}{96320} = 2,1 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

II.2.3. D'après l'équation de réaction, le zinc réagit avec le dioxygène de l'air donc celui-ci est en excès. Le réactif limitant est le zinc.

II.2.4. Calcul de la masse de zinc :

D'après la demi-équation (1), on a la relation :

$$n_{Zn} = \frac{n_{e^-}}{2} = \frac{2,1 \times 10^{-2}}{2} = 1,05 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\text{or} \quad n_{Zn} = \frac{m_{Zn}}{M_{Zn}} \quad \text{donc} \quad m_{Zn} = n_{Zn} \times M_{Zn} = 1,05 \times 10^{-2} \times 65,4 = 0,687 \text{ g}$$

II.2.5. La masse de la pile usée est supérieure à la masse de la pile neuve car d'après l'équation de réaction, le zinc est un réactif et disparaît mais il se forme la même quantité d'oxyde de zinc ZnO dont la masse est plus élevée que celle du zinc Zn.

II.3. Aspects énergétiques de la pile zinc air p675.

II.3.1. Choix de la relation :

Q s'exprime en coulomb C mais aussi en A.s ($Q = I \times \Delta t$)

U s'exprime en V

W s'exprime en joule J mais aussi en V.A.s ($W = P \times t$)

Donc la relation qui relie ces trois grandeurs est la relation (3) $W = Q \times U$

II.3.2. Calcul de l'énergie stockée dans la pile :

D'après le document 7, la pile zinc air p675 a une tension $u = 1,45$ V

D'après la question précédente, on a la relation :

$$E_{pile} = Q \times U = 2052 \times 1,45 = 2,98 \times 10^3 \text{ J}$$

II.3.3. Calcul de l'énergie massique :

D'après le document 7, la pile zinc air p675 a une masse de 1,85 g.

$$E_{pile} = 2,98 \times 10^3 \text{ J} = \frac{2,98 \times 10^3}{3600} = 0,828 \text{ Wh}$$

D'après le document 8, la relation pour calculer l'énergie massique est :

$$E_{massique} = \frac{E_{pile}}{m} = \frac{0,828}{1,85 \times 10^{-3}} = 447 \text{ Wh.kg}^{-1}$$

D'après le document 8, en moyenne, l'énergie massique d'une pile zinc-air se situe entre 245 et 455 Wh.kg⁻¹. Ceci est le cas pour l'énergie massique calculée donc elle est en cohérence avec les données du document 8.

II.3.4. L'avantage de cette pile par rapport aux autres est qu'elle possède une capacité plus importante. Elle peut donc fonctionner plus longtemps et être rechargée moins souvent.

Partie III : contraintes de l'implant cochléaire

III.1. La valeur de la pression à la surface de l'eau correspond à la valeur de la pression atmosphérique car l'eau est en contact avec l'air donc :

$$P_{slibre} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

III.2. On convertit la valeur de la pression à la surface en atmosphère (atm) :

D'après les données $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ donc :

$$P_{slibre} = \frac{1,01 \times 10^5}{1,013 \times 10^5} = 0,997 \text{ atm}$$

Cette pression est inférieure à la pression maximale extérieure admissible qui est de 5 atm. Donc le porteur d'implant peut pratiquer la natation.

III.3. Calcul de la profondeur H_{\max} :

$$P_{\max} = 5 \text{ atm} = 5 \times 1,013 \times 10^5 = 5,065 \times 10^5 \text{ Pa}$$

On considère la point A à la sur face de l'eau et le point B à la profondeur H_{\max} . D'après le principe fondamental de l'hydrostatique entre les points A et B, on a la relation :

$$P_A + \rho g z_A = P_B + \rho g z_B \quad \text{donc} \quad \rho g (z_A - z_B) = P_B - P_A$$

$$\text{or} \quad H_{\max} = z_A - z_B \quad \text{donc} \quad \rho g H_{\max} = P_B - P_A$$

$$H_{\max} = \frac{P_B - P_A}{\rho g} = \frac{5,065 \times 10^5 - 1,01 \times 10^5}{1000 \times 9,81} = 41 \text{ m}$$

III.4. Calcul de la force exercée sur la capsule :

A la profondeur de 1,5 m la pression est de :

$$P_A + \rho g z_A = P_B + \rho g z_B \quad \text{donc} \quad P_B = \rho g (z_A - z_B) + P_A$$

$$P_B = 1000 \times 9,81 \times 1,5 + 1,01 \times 10^5 = 1,16 \times 10^5 \text{ Pa}$$

La pression dans l'oreille interne demeure égale à la pression atmosphérique donc la pression résultante P sur la capsule à la profondeur de 1,5 m est de :

$$P = P_B - P_0 = 1,16 \times 10^5 - 1,01 \times 10^5 = 0,15 \times 10^5 \text{ Pa}$$

La surface de la capsule est de :

$$S = \pi R^2 = 3,14 \times (1,5 \times 10^{-2})^2 = 7,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

On a la relation :

$$P = \frac{F}{S} \quad \text{donc} \quad F = P \times S = 0,15 \times 10^5 \times 7,07 \times 10^{-4} = 10,6 \text{ N}$$