

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE**  
**- Session 2016 -**

**Sciences et Technologies de Laboratoire**  
**spécialité Biotechnologies**

**Épreuve de PHYSIQUE-CHIMIE**

**EPREUVE DU MERCREDI 22 JUIN 2016**

**Durée de l'épreuve : 3 heures**

**Coefficient : 4**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte **10** pages numérotées de 1/10 à 10/10.

**Les documents réponses, page 10/10 sont à rendre avec la copie.**

*L'usage d'une calculatrice est autorisé.*

*Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée*

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

Un technicien en imagerie médicale travaille dans un laboratoire d'imagerie fonctionnelle et médicale : il prend en charge aujourd'hui un patient, déficient auditif, porteur d'un implant cochléaire, appareil qui lui permet d'entendre.

Le patient a rendez-vous pour réaliser une radiographie ne faisant pas appel à l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Il précise au technicien qu'il ne doit pas approcher la salle de l'IRM car le champ magnétique y régnant serait susceptible d'endommager une partie de son appareil.

Ce sujet comporte trois parties indépendantes qui portent sur l'étude des contraintes et du fonctionnement de l'implant cochléaire.

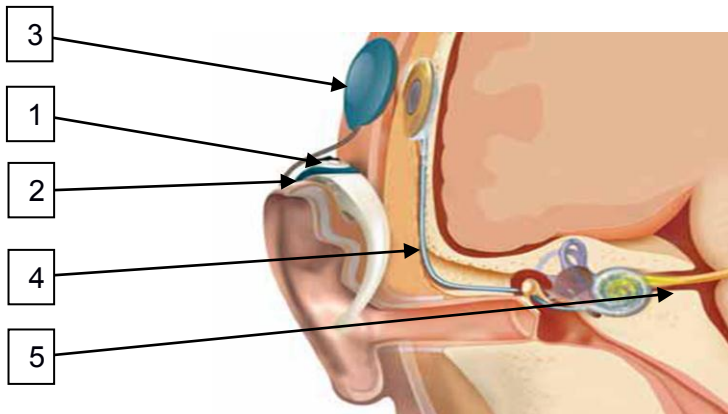
Partie I : IRM et implant cochléaire.

Partie II : alimentation de l'implant par une pile zinc-air.

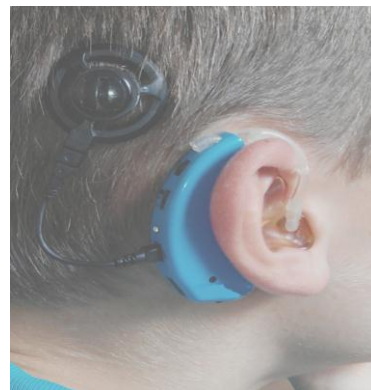
Partie III : contraintes de l'implant cochléaire.

### **Description et explication simple du fonctionnement de l'implant cochléaire.**

- (1) Le microphone capte les ondes sonores.
- (2) Le microphone convertit ces ondes sonores en signaux électriques.
- (3) L'antenne aimantée transmet ces signaux à un faisceau d'électrodes inséré dans l'oreille interne, par l'intermédiaire d'un capteur placé sous la peau.
- (4) Le faisceau d'électrodes transmet les signaux électriques au nerf auditif.
- (5) Le nerf auditif propage les informations au cerveau qui les perçoit comme des sons.



*Schéma d'une oreille implantée*



*Porteur d'implant cochléaire*

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

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

On prendra appui pour cette partie sur les documents 1, 2, 3 et 4.

- I.1.1. Préciser le rôle joué par chaque grandeur physique dans la réalisation d'une image par un dispositif d'IRM.
- I.1.2. Sachant que la fréquence  $f$  de l'onde émise par les noyaux d'hydrogène est proportionnelle à la valeur  $B$  de l'intensité du champ magnétique et qu'elle vaut 42,58 MHz pour 1,00 T, calculer la fréquence de l'onde en Hz quand l'appareil est réglé pour 1,50 T.
- I.1.3. Préciser à quel domaine de longueurs d'onde appartient l'onde émise par les noyaux d'hydrogène pour une intensité de champ magnétique de 1,50 T.  
*Vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide ou dans l'air :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .*
- I.1.4. Expliquer pourquoi la bobine supraconductrice permet d'obtenir un champ magnétique intense.
- I.1.5. Classer les champs magnétiques du document 4 par intensité croissante sur le **document réponse 1 à rendre avec la copie**. Comparer alors l'intensité du champ magnétique de l'appareil IRM à celles des champs magnétiques courants.

### Document 1: principe de l'imagerie par résonance magnétique

Avec une résolution spatiale et temporelle excellente, l'IRM est un outil puissant de diagnostic et de recherche neurobiologique.

Le principe de l'IRM repose sur l'utilisation des propriétés magnétiques des noyaux d'hydrogène présents dans les molécules d'eau qui constituent les 3/4 de notre corps.

Ces noyaux sont dotés d'un moment magnétique et peuvent être considérés comme équivalents à de "petits aimants". Dans un champ magnétique, ils se comportent comme des aiguilles aimantées qui s'orientent dans la direction du champ. À proximité de la zone à explorer, un champ magnétique met en oscillation les "petits aimants" équivalents. Des ondes électromagnétiques caractéristiques du milieu sont alors émises et captées par une antenne ; le signal électrique produit est ensuite traité pour constituer une image.

D'après [www.cea.fr](http://www.cea.fr)

### Document 2

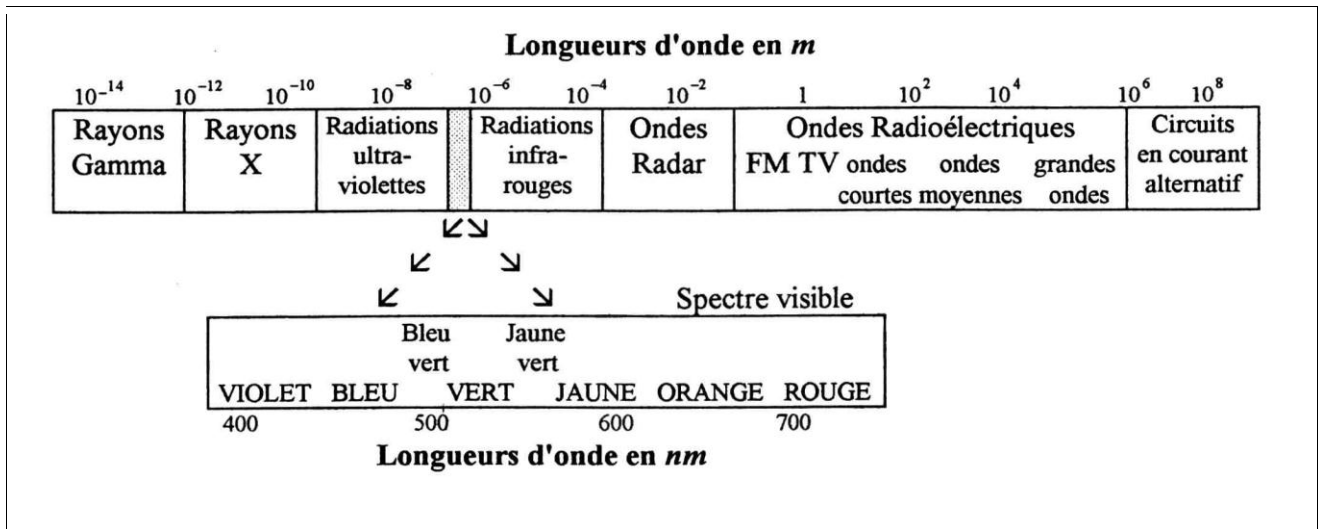
L'aimant est au cœur du fonctionnement de l'appareil IRM.

En 2009, les intensités des champs magnétiques sont comprises entre 0,1 T et 3 T.

Un tel champ est créé par le passage d'un courant électrique dans une bobine plongée dans de l'hélium liquide à  $-269 \text{ °C}$ . À cette température, le matériau constituant la bobine est supraconducteur, sa résistance électrique est nulle et permet donc la circulation d'un courant d'intensité élevée. L'intensité du champ magnétique croît avec l'intensité du courant.

D'après [www.anmtph.fr](http://www.anmtph.fr)

Document 3 :



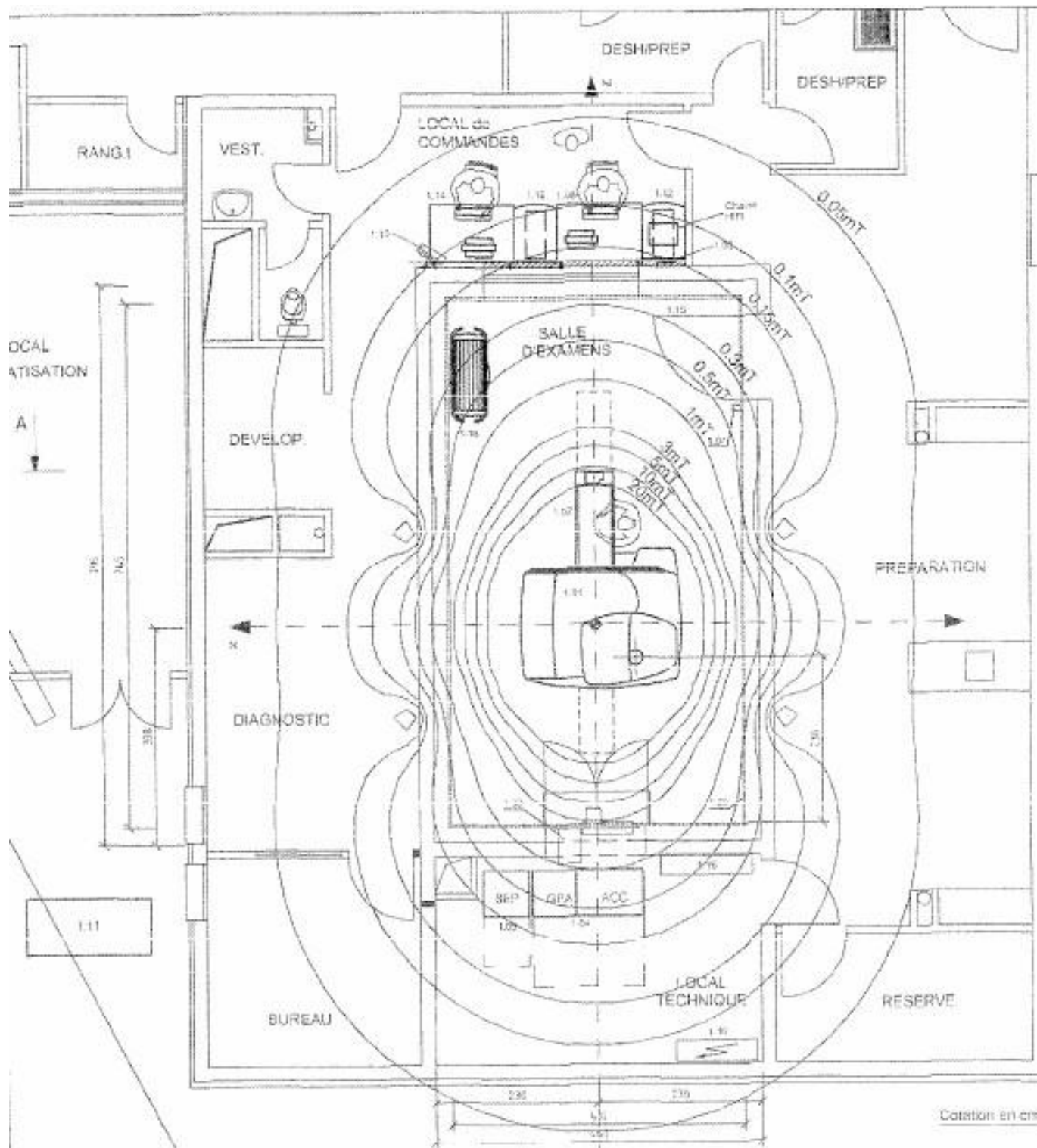
Document 4 : champs magnétiques usuels

Source de champ magnétique	Valeur moyenne du champ magnétique
IRM	1,5 T
Champ magnétique terrestre	0,050 mT
Télévision (à 30 cm)	1,0 $\mu$ T
Aimant permanent	0,10 T
Four micro-ondes (à 30 cm)	5,0 $\mu$ T

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

- I.2.1. Donner sur le **document réponse 2 à rendre avec la copie** (zoom de la salle d'examen) un encadrement de la valeur de l'intensité du champ magnétique  $\overline{B_A}$  au point A.
- I.2.2. Quel est le nom de l'appareil qui permet de mesurer la valeur d'un champ magnétique ?
- I.2.3. Comparer, en utilisant le document 5, le champ magnétique régnant dans le local de commandes au champ magnétique terrestre.
- I.2.4. Entourer sur le **document réponse 3 à rendre avec la copie** le(s) pictogramme(s) qui doivent figurer sur un appareil IRM.

Document 5 : Lignes représentant les lieux où l'intensité du champ magnétique produit par l'appareil est la même (courbes iso-intensité).



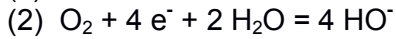
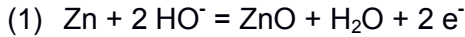
D'après [www.anmtph.fr](http://www.anmtph.fr)

## Partie II: alimentation de l'implant cochléaire.

L'implant cochléaire fonctionne grâce à des piles zinc-air p675.

L'électrolyte de la pile zinc-air est basique (il y a présence d'ions  $\text{HO}^-$ ).

Les deux demi équations électroniques modélisant les réactions à chacune des électrodes sont :

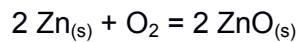


### II.1.Fonctionnement de la pile zinc-air

II.1.1. D'après le schéma du document 6 et les demi-équations ci-dessus, dans quel sens circule le courant électrique dans le processeur de l'implant ? Justifier votre réponse.

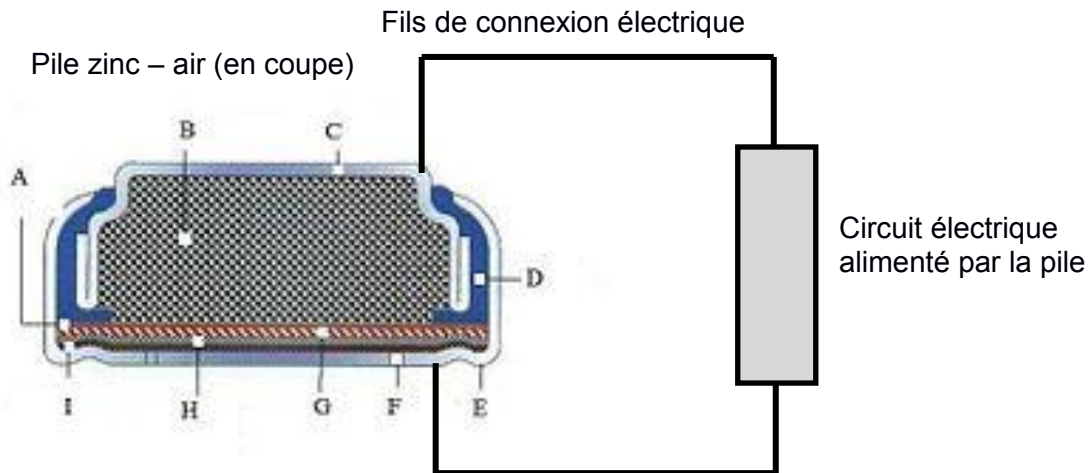
II.1.2. Pour cette électrode de zinc, le couple oxydant/réducteur est  $\text{ZnO}/\text{Zn}$ . Quel est l'autre couple mis en jeu dans la pile ?

II.1.3. Vérifier à partir des deux demi-équations électroniques que l'équation qui traduit le fonctionnement de la pile est :



II.1.4. Justifier le nom de pile zinc-air.

Document 6 : vue en coupe et photographie d'une pile zinc air



- A : séparateur
- B : électrolyte basique
- C : électrode en zinc
- D : joint isolant
- E : boîtier contenant l'électrolyte
- F : trou d'aération reliant la pile au milieu extérieur
- G : couche en carbone
- H : membrane de diffusion
- I : membrane semi-perméable



[www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr)

## II.2. Utilisation de la pile zinc air p675

Les caractéristiques de la pile sont données dans le document 7. L'intensité moyenne du courant circulant dans l'implant vaut  $I = 8,00$  mA. On se propose dans cette étude de déterminer la masse de zinc consommée pendant la durée de fonctionnement de la pile.

Données :

1 A.h = 3600 C

Nombre d'Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Charge élémentaire =  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C

Masse molaire du zinc :  $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

- II.2.1. Évaluer, en heures, l'autonomie de fonctionnement de la pile de l'implant.
- II.2.2. En déduire la quantité de matière  $n(e^-)$  d'électrons échangée.
- II.2.3. En utilisant l'équation de fonctionnement de la pile, justifier par un argument simple que le zinc est le réactif limitant.
- II.2.4. À partir d'une demi-équation de fonctionnement de la pile, calculer la masse de zinc,  $m(\text{Zn})$ , consommée lors d'une décharge totale de la pile.
- II.2.5. La masse de la pile usée est-elle inférieure, supérieure ou égale à la masse de la pile neuve (la réponse est à justifier) ?

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

- II.3.1. En effectuant une analyse des unités, choisir parmi les relations suivantes, celle qui relie  $W$ , énergie que peut fournir la pile à sa tension  $U$  et sa capacité (ou quantité d'électricité disponible)  $Q$ . La réponse est à justifier.

$$(1) Q = W \cdot U \quad (2) U = W \cdot Q \quad (3) W = Q \cdot U$$

- II.3.2. Vérifier que l'énergie, en joules, stockée dans la pile p675 vaut  $E_{\text{pile}} = 2,98 \cdot 10^3$  J.
- II.3.3. L'énergie massique de la pile p675 obtenue par un calcul à effectuer est-elle en cohérence avec les données du document 8 ?
- II.3.4. Après une analyse du document 7, proposer un avantage de la pile p675 par rapport aux autres piles.

Document 7 : comparaison des grandeurs caractéristiques de diverses piles (source : PowerOne)

Désignation	p10	p13	p312	p675
Système électrochimique	zinc-air	zinc-air	zinc-air	zinc-air
Tension $U(V)$	1,45	1,45	1,45	1,45
Capacité $Q$ (mA.h)	100	310	180	570
Diamètre (mm)	5,8	7,9	7,9	11,6
Hauteur (mm)	3,6	5,4	3,6	5,4
Masse (g)	0,3	0,83	0,58	1,85

Document 8

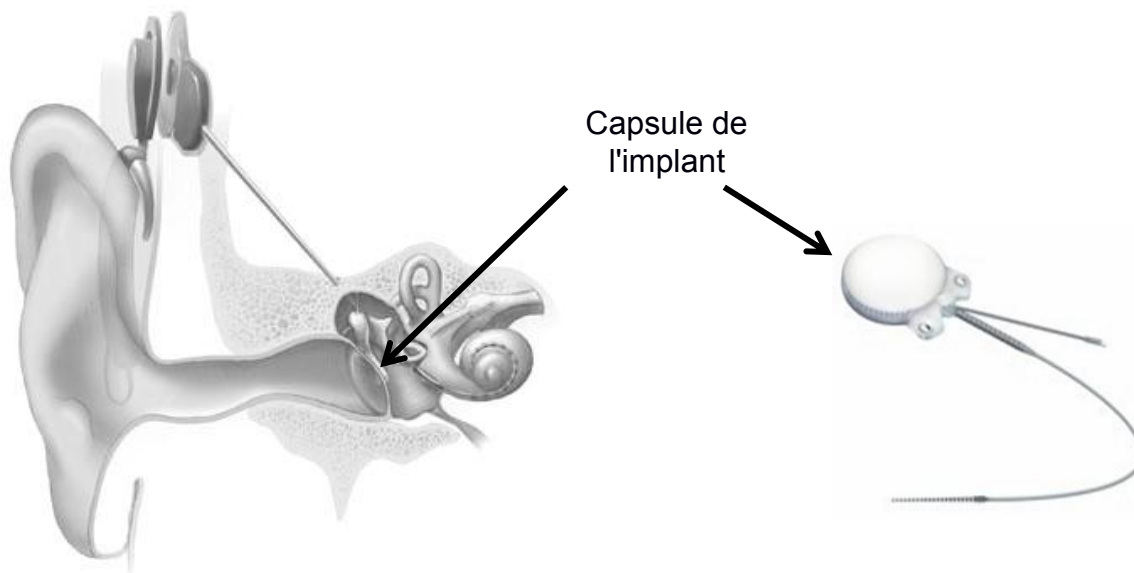
L'énergie massique de la pile (en  $\text{Wh.kg}^{-1}$ ) est le rapport entre l'énergie de la pile en Wh et sa masse en kg.

En moyenne, l'énergie massique d'une pile zinc-air se situe entre 245 et 455  $\text{Wh.kg}^{-1}$ .



### Partie III : contraintes de l'implant cochléaire

Le système électronique interne de l'implant cochléaire est contenu dans une capsule en céramique placée à l'intérieur de l'oreille interne. Elle est reliée aux électrodes véhiculant le signal électrique en provenance du capteur. Une face de la capsule est soumise à la pression extérieure à l'oreille et l'autre face à la pression intérieure qui demeure égale à la pression atmosphérique.



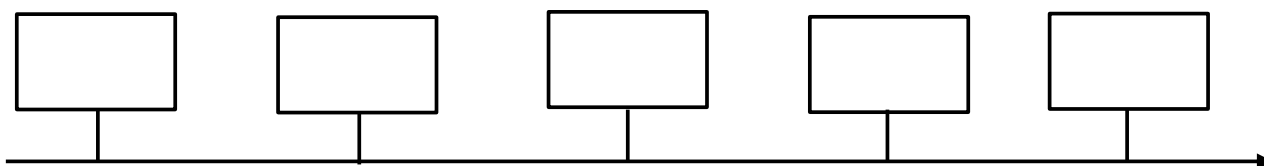
<u>Données</u>	<u>Caractéristiques de la partie « interne » de l'implant cochléaire</u>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>P_0</math> = pression atmosphérique = <math>1,01 \cdot 10^5</math> Pa</li><li>• <math>1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5</math> Pa</li><li>• <math>\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}</math></li><li>• <math>g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}</math></li><li>• Surface d'un disque : <math>S = \pi R^2</math> (avec <math>R</math> : rayon du disque)</li></ul>	<p>Capsule : céramique <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> Dimensions : disque de diamètre 30 mm Pression maximale extérieure admissible <math>P_{\text{max}} = 5,0 \text{ atm}</math></p>

Un porteur d'implant cochléaire décide, après avoir enlevé le processeur externe, de pratiquer un sport aquatique.

- III.1. Donner la valeur de la pression  $P_{\text{slibre}}$  à la surface de l'eau. Justifier brièvement.
- III.2. Le porteur d'implant peut-il pratiquer la natation ?
- III.3. Jusqu'à quelle profondeur  $H_{\text{max}}$  le porteur d'implant peut-il nager ?
- III.4. Le porteur d'implant envisage de nager sous l'eau à une profondeur  $H = 1,5 \text{ m}$ . Quelle serait alors la force exercée sur la capsule en sachant que la pression dans l'oreille interne demeure égale à la pression atmosphérique ?

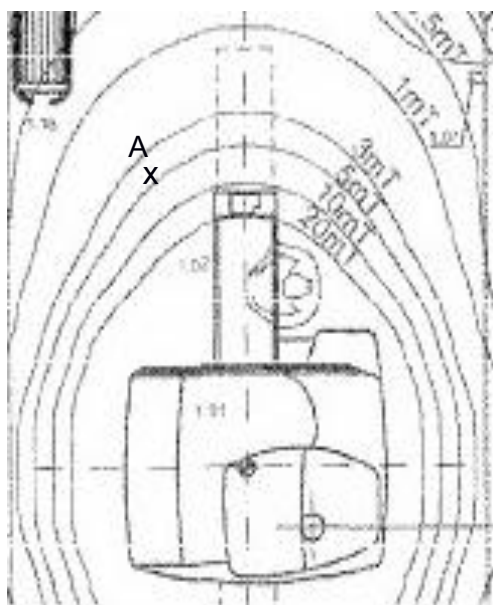
## Documents réponses à rendre avec la copie

Document réponse 1 :



B (T)

Document réponse 2 :



L'intensité du champ magnétique au point A est :

supérieur à :

inférieur à :

Document réponse 3 : pictogrammes et interdiction

