

Les réponses doivent être justifiées. Les résultats doivent être donnés avec leurs unités. La rédaction et l'orthographe sont également appréciées [COM /1]. Calculatrice autorisée.

NOM :

Prénom :

Classe :

Questions de cours sur le son

REPONDRE DIRECTEMENT SUR LE SUJET

[RCO /4 pt]

En branchant un sur un GBF, on peut émettre un son audible à condition que la fréquence du signal électrique délivré par le GBF soit comprise entre et

Un son audible est un son de haute fréquence. La grandeur physique appelée fréquence, mesurée en hertz (Hz) correspond

Le son se propage plus vite dans que dans l'air (où la vitesse est d'environ).

Problème. Une technique innovante d'imagerie médicale

[15 pt]

L'article suivant est extrait du site Science et Avenir du 11 octobre 2017. Il traite d'une nouvelle technique d'imagerie qui permettrait d'observer l'activité neuronale et le développement cérébral des bébés comme jamais auparavant.

Les ultrasons, un pas de géant pour la neuro-imagerie fonctionnelle chez le bébé

Par Hugo Jalinière le 11.10.2017 à 20h11

Pour la première fois, des chercheurs français sont parvenus à réaliser une **imagerie fonctionnelle**¹ permettant de suivre l'activité cérébrale de bébés grâce à une technique par ultrasons.

Visualiser l'activité cérébrale d'un bébé était presque impossible jusqu'à aujourd'hui. L'électroencéphalographie (EEG) permet bien de mesurer l'activité électrique cérébrale par le biais d'électrodes, mais la technique ne livre pas d'image fonctionnelle du cerveau à proprement parler. Le seul outil capable de percevoir l'activité neuronale, c'était l'imagerie par résonance magnétique (IRM) dite fonctionnelle. Immobiliser un bébé dans un appareil d'IRM est possible, mais loin d'être souhaitable... Pour pallier cette lacune dans l'étude du développement cérébral chez les très jeunes enfants et les prématurés, une équipe française vient de réaliser une percée. Une technique de neuro-imagerie par ultrasons ultrasensibles a été testée sur des nouveau-nés au service de néonatalogie dirigé par le Pr Olivier Baud à l'hôpital Robert-Debré (Paris). Une première scientifique et médicale tout juste publiée dans *Science Translational Medicine*.



La technique, inventée en 2011, fonctionne sur le même principe qu'une échographie classique. Celle-ci permet en effet de voir les flux sanguins dans plusieurs organes et en particulier de cartographier de façon très fine les variations de ces flux sanguins dans les petits vaisseaux cérébraux.

Testée chez des nouveau-nés prématurés, la technique a démontré son efficacité. D'abord dans une phase de vérification : "Nous avons d'abord observé le cerveau lors des phases de sommeil (agité, calme), qu'on connaît déjà très bien, pour nous assurer que ça correspondait aux données EEG, explique Olivier Baud. Puis sur des enfants qui convulsent lors de crises d'épilepsie, et entre ces épisodes convulsifs."

Le système a cependant une limite : le dispositif fonctionne en envoyant les ondes à travers la **fontanelle**² des bébés. Lorsque les os du crâne finissent de se refermer après quelques mois, la technique tombe... sur un os ! En effet, la boîte crânienne ne laisse pas bien passer les ultrasons. Il y a une absorption des ondes par l'os contre laquelle on ne peut pas faire grand-chose sur le plan technique.

¹ **L'imagerie médicale** la plus souvent utilisée en médecine, appelée imagerie structurale permet d'obtenir des informations sur la STRUCTURE des organes, leur forme, leurs limites, et dans certains cas leur contenu (structures osseuses, calculs vésicaux). A l'opposé, les techniques d'imagerie fonctionnelle s'intéressent à la FONCTION des organes, des tissus ou des cellules, c'est-à-dire à leur mode de fonctionnement (réactions chimiques, échanges...).

² Chez l'enfant (ou plus précisément chez le nourrisson), l'ossification du crâne n'est pas complètement achevée et laisse apparaître quatre **fontanelles** qui sont des espaces membraneux séparant les différents os du crâne.

Les questions qui suivent concernent d'abord l'article en lui-même. Deux applications en lien avec l'article sont ensuite traitées.

Analyse de l'article

[APP /1,5 RCO /0,5]

1. De quel type d'ondes est-il question dans la nouvelle technique utilisée par les chercheurs français ?
2. A quelle grande famille d'ondes appartient-elle ?
3. Quelle technique d'imagerie médicale utilise habituellement ces ondes ?
4. Quelle technique d'imagerie fonctionnelle permettait jusqu'alors d'observer l'activité neuronale du cerveau ?

Pour aller plus loin

[RCO /3]

5. Quelle technique d'imagerie fonctionnelle couramment utilisée en médecine mais non citée dans l'article permet d'observer la structure osseuse du corps humain ? Expliquer en quelques lignes le principe de cette technique en n'oubliant pas de préciser le type et la famille d'ondes utilisées pour réaliser cette technique d'imagerie ainsi que la dangerosité (ou pas) pour les nourrissons.

Application n°1 : l'EEG pour prévoir une crise d'épilepsie

[RCO /1,5 ANA /2 REA /1]

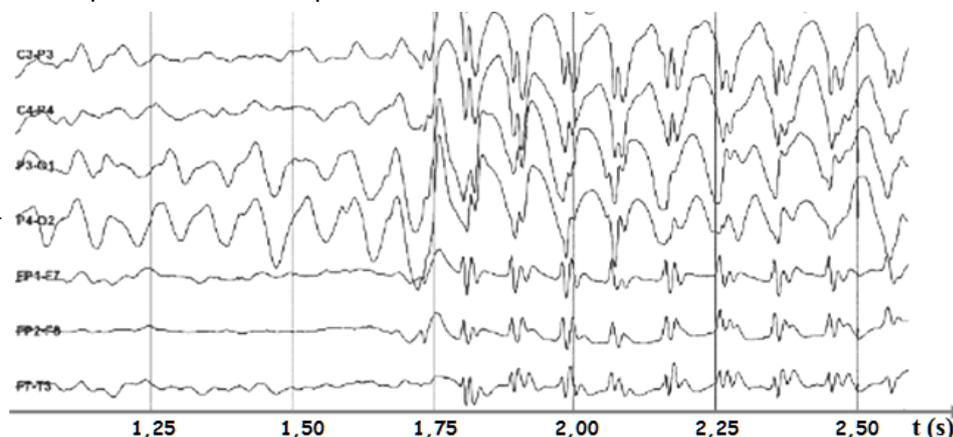
L'électroencéphalogramme (EEG) est un tracé qui rend compte de la mesure au cours du temps de l'activité électrique du cerveau. Il est obtenu grâce à des électrodes placées sur le cuir chevelu.

Les signaux électriques enregistrés sont complexes mais plusieurs rythmes peuvent néanmoins être identifiés. Les rythmes alpha ($8 \text{ Hz} < f < 13 \text{ Hz}$), par exemple, sont associés à l'état d'éveil calme. Les rythmes bêta, eux, sont plus rapides ($14 \text{ Hz} < f < 30 \text{ Hz}$) : ils indiquent une activité plus intense du cortex.

Le tracé ci-contre est un électroencéphalogramme montrant l'évolution de certains signaux électriques enregistrés sur un patient lors du début d'une crise d'épilepsie.



Les signaux électriques observés ne sont pas parfaitement périodiques. On peut observer cependant que la crise d'épilepsie se déclenche à partir de l'instant $t = 1,75 \text{ s}$.



6. Rappeler la définition d'un phénomène périodique.
7. Quelle est la principale caractéristique des signaux électriques qui change lors de l'apparition de la crise ?
8. Déterminer la période des « battements » du signal P4-O2 (celui signalé par une flèche) avant le début de la crise. Bien préciser votre raisonnement. En déduire s'il s'agit d'un rythme alpha ou d'un rythme bêta.

Application n°2 : détermination de l'âge d'un fœtus

[RCO /0,5 ANA /3 REA /2]

Lors d'une échographie, un gynécologue souhaite déterminer l'âge d'un fœtus par la mesure de son diamètre crânien.

Pour cela, il utilise une sonde émettrice et réceptrice d'ultrasons posée sur le ventre de la maman. Il constate sur son oscilloscope qu'une impulsion émise par la sonde en direction du crâne du fœtus donne deux échos séparés par une durée $\Delta t = 5,9 \times 10^{-5} \text{ s}$.

9. Faire un schéma permettant d'expliquer la perception de 2 échos.
10. En déduire à quoi concrètement correspond la durée Δt fournie dans l'énoncé.
11. Démontrer par le calcul que le diamètre crânien du fœtus vaut alors 4,4 cm.
12. En déduire l'âge du fœtus.

Données :

- vitesse des ultrasons dans le corps humain : $v = 1,5 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$

- diamètre crânien du fœtus en fonction du nombre de semaines d'aménorrhée (nombre de semaines depuis l'arrêt des règles) : d'après <http://sante-querir.notrefamille.com>

à 5 semaines : 1 à 2 mm	à 9 semaines : 25 mm	à 11 semaines : 43 mm	à 13 semaines : 68 mm
à 7 semaines : 8 mm	à 10 semaines : 33 mm	à 12 semaines : 55 mm	à 14 semaines : 85 mm

Remarque : évidemment dans la réalité, l'échographe du gynécologue est programmé pour réaliser tout seul les calculs et fournir directement les résultats (diamètre et âge estimé).