

**L'élève traitera au choix deux exercices sur les trois exercices proposés.**

### Exercice 1. Néandertal et le carbone 14 (10 points sur 20)

En décembre 2020, une équipe de scientifiques a démontré qu'un enfant néandertalien a été inhumé par les siens. L'inhumation des morts n'est donc pas une particularité de notre espèce. Cette découverte vient appuyer de nombreuses révélations sur le comportement et les pratiques culturelles riches des Néandertaliens.

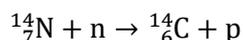
Les scientifiques ont utilisé pour cela une méthode de datation au carbone 14 sur les os de la dépouille.



© stockdevil /Adobe Stock

#### Partie A. La formation du carbone 14

Le carbone naturel est composé de trois isotopes. Il y a 99 % de  $^{12}\text{C}$ , 1 % de  $^{13}\text{C}$  et  $10^{-10}$  % de  $^{14}\text{C}$ . Le carbone 14 est produit dans la haute atmosphère suite à la réaction nucléaire entre un neutron et l'azote de l'air :



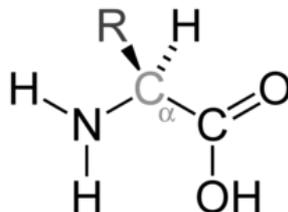
où  $n$  est un neutron et  $p$  est un proton.

1. Définir ce qu'est un isotope.
2. Le taux moyen de présence de carbone 14 dans l'atmosphère est de  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C} = 1,2 \times 10^{-12}$ . Justifier cet ordre de grandeur.
3. Expliquer pourquoi on parle de réaction nucléaire.
4. Justifier que le neutron s'écrit  $^1_0n$  et que le proton s'écrit  $^1_1\text{H}$ . Vérifier alors que la réaction nucléaire proposée est équilibrée.

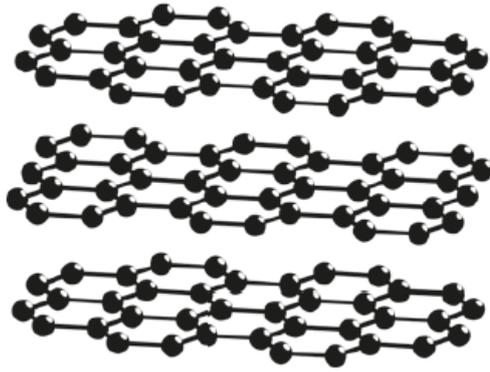
#### Partie B. Méthode de datation au carbone 14

Le carbone 14 est un isotope radioactif. Lorsqu'une plante ou un animal meurt, il cesse d'échanger du carbone avec la biosphère. L'abondance en  $^{14}\text{C}$  au sein de l'organisme commence alors à diminuer suite à la décroissance radioactive du  $^{14}\text{C}$ . Sa demi-vie est de 5 730 ans.

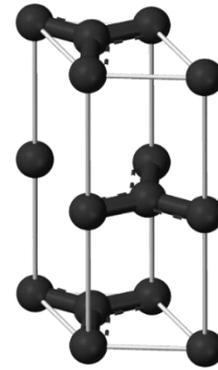
Pour la datation des os, les scientifiques extraient la matière organique de ces derniers. Ils procèdent ensuite à la datation d'acides aminés individuels préalablement transformés en graphite.



Structure générique d'un acide L- $\alpha$ -aminé



Graphite (échelle microscopique)



Maille élémentaire du graphite

*Remarque* : Les boules noires représentent des atomes de carbone.

5. Justifier que la méthode de datation au carbone 14 est possible à partir de l'étude d'acides aminés.
6. Déterminer le nombre d'atomes de carbone présents dans la maille élémentaire du graphite.
7. Expliquer la propriété de friabilité du graphite à l'échelle macroscopique à l'aide de sa représentation à l'échelle microscopique.

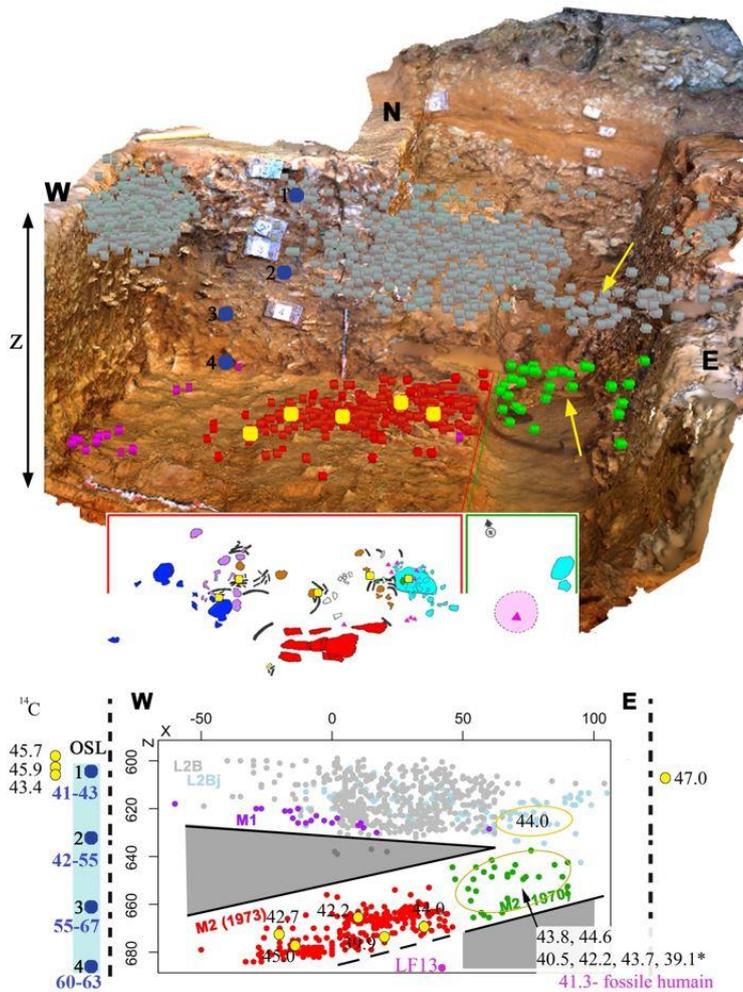
La technique consiste alors à compter les atomes de  $^{14}\text{C}$  grâce à un spectromètre de masse couplé à un accélérateur de particules. On arrive ainsi à mesurer des taux en carbone 14 de l'ordre de  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C} = 10^{-15} \%$  et on peut alors dater des os jusqu'à 50 000 ans.

8. Définir la demi-vie.
9. Justifier que cette technique de mesure permet d'étudier des échantillons ayant des taux de carbone 14 mille fois moins importants que le taux atmosphérique.
10. Montrer que cette technique permet bien de dater des os ayant 50 000 ans.

### Partie C. Étude des os d'un enfant Néandertalien

On étudie maintenant une zone de fouille sur le site de La Ferrassie (Dordogne, France).

Un squelette d'un enfant Néandertalien de 2 ans y avait été retrouvé au début des années 1970. Les différents ossements ont été retrouvés dans une strate sédimentaire inclinée vers l'ouest, avec la tête à l'est, plus haute que le bassin, tandis que les autres couches du site sont inclinées vers le nord-est. Les autres ossements retrouvés dans la même strate (bisons et herbivores) étaient moins bien conservés.



© Antoine Balzeau

En haut : Vue du dessus de la zone fouillée où a été découvert le Néandertalien (modèle 3D).

Au milieu : Plan des restes de l'enfant.

En bas : Projection dans la direction est-ouest des objets découverts dans cette zone du site.

Les restes archéologiques associés à l'enfant néandertalien sont représentés par les points rouges et verts et sont séparés de la couche située au-dessus (points gris). Ils ne suivent pas l'orientation naturelle des couches archéologiques. Les âges obtenus par datation au carbone 14 de l'enfant sont indiqués par des points et flèches jaunes. Les âges des couches sédimentaires sont indiqués par les points bleus et valeurs en bleu. L'unité des âges est en kiloannée.

**11.** Expliquer par un court paragraphe la conclusion des scientifiques : « Néandertal enterrait ses morts ».

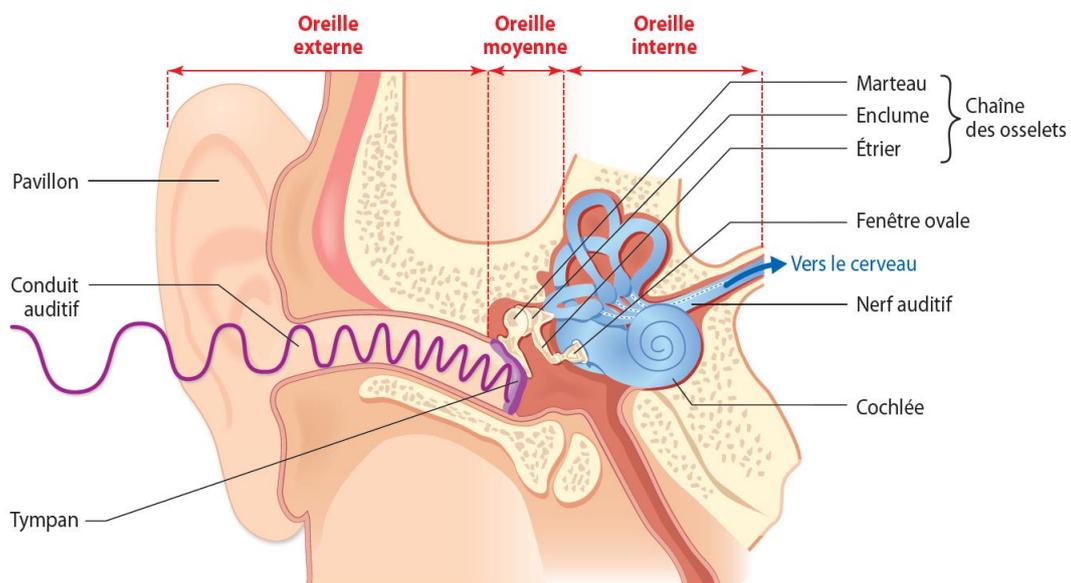
**12.** Proposer une hypothèse quant à l'orientation de la dépouille selon un parallèle terrestre.

## Exercice 2. Des prothèses auditives pour tous les Français malentendants ? (10 points sur 20)

16 % de la population française a des problèmes d'audition. Il existe plusieurs moyens de vivre avec ce handicap, dont les prothèses auditives : 1 % de la population française est appareillée. Ces prothèses auditives sont de différentes sortes et sont plus ou moins bien acceptées par l'utilisateur. Elles ont souvent un coût très élevé. En France, la Sécurité sociale a décidé au premier janvier 2019 une série de mesures afin que toutes les personnes qui en ont besoin puissent disposer d'une prothèse.

### Partie A. Les dysfonctionnements de l'oreille entraînant une déficience auditive

Voici la structure d'une oreille saine.



#### Doc 1. Structure anatomique de l'oreille

1. Dans un petit texte de 10 lignes maximum, définir le trajet des ondes du tympan au cerveau en utilisant à bon escient les termes suivants : « conduction », « amplification » et « transformation du signal sonore ».

2. Pour chacun des cas proposés ci-dessous :

a. localiser la cause de la surdité ;

b. expliquer en quoi le problème présenté entraîne un défaut de l'audition.

① Camille est malentendante depuis sa naissance. Les docteurs lui ont dit que sa surdité était due à une malformation des cils vibratiles de sa cochlée.

② Cyprien va régulièrement à la piscine et, à la suite de plusieurs otites mal soignées, son tympan épaissi entraîne une baisse de son audition.

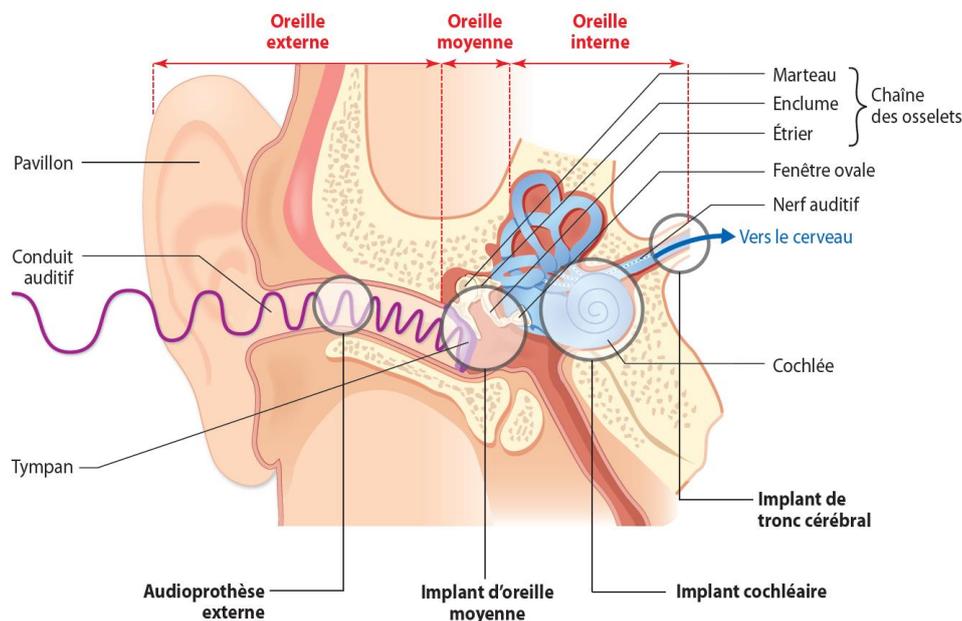
③ Melvin s'est cogné la tête du côté droit au rugby, il a donc eu un protocole commotion. On lui a détecté un hématome au niveau de son lobe pariétal de l'encéphale droit et depuis il n'entend plus très bien de l'oreille gauche.

À la suite d'une malformation congénitale ou d'otites mal soignées, certains enfants ont une érosion ou des blocages des osselets. On peut les opérer vers 7 ou 8 ans en leur mettant un nouvel osselet.

3. Expliquer l'intérêt de cette chirurgie pour ces enfants.

## Partie B. Des appareillages pour pallier la surdité

Actuellement, différents appareillages existent pour pallier la surdité.



### Doc 2. Localisation des différents dispositifs utilisés dans la réhabilitation des surdités

- **L'audioprothèse externe** : elle amplifie dans l'oreille externe les sons utiles et occulte les bruits parasites. C'est le dispositif le plus répandu.
- **L'implant d'oreille moyenne** : dispositif stimulant directement l'oreille interne, notamment la cochlée par l'intermédiaire des osselets (ou de l'os temporal).
- **L'implant cochléaire** : il stimule directement les terminaisons nerveuses du nerf auditif au niveau de la cochlée au moyen d'électrodes, transformant ainsi les signaux acoustiques en signaux électriques.
- **L'implant du tronc cérébral** : dispositif plus rare, concernant les personnes dont les deux nerfs auditifs sont lésés. Les électrodes sont alors implantées après le nerf auditif dans le cerveau, au niveau du tronc cérébral.

### Doc 3. Les différents types d'implants

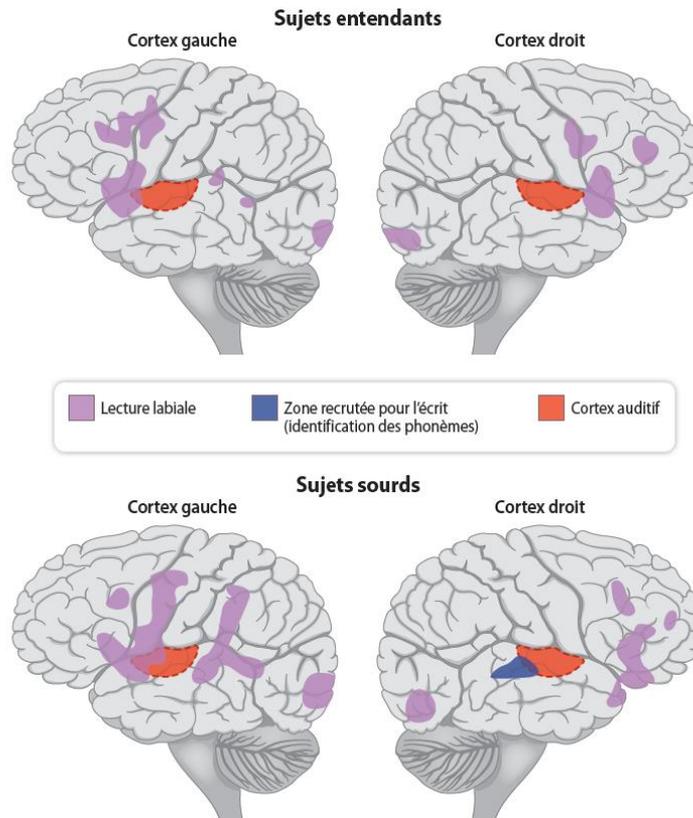
4. Sur le schéma du document-réponse situé en Annexe, noter le mode d'action des différents implants présentés. Note : le cas de l'implant d'oreille moyenne est donné en exemple.

5. Déterminer quelles prothèses ou implants conviendraient le mieux à Camille, à Cyprien et à Melvin (cf. question 2).

## Partie C. Prothèses cochléaires et plasticité cérébrale

On sait que plus un individu est appareillé précocement d'une prothèse auditive, plus l'appareillage sera efficace. Afin de comprendre pourquoi, Pascal Barone et son équipe ont mené différentes études d'imagerie cérébrale sur des patients sourds post-linguaux, c'est-à-dire ayant perdu l'usage de leur audition après l'acquisition du langage.

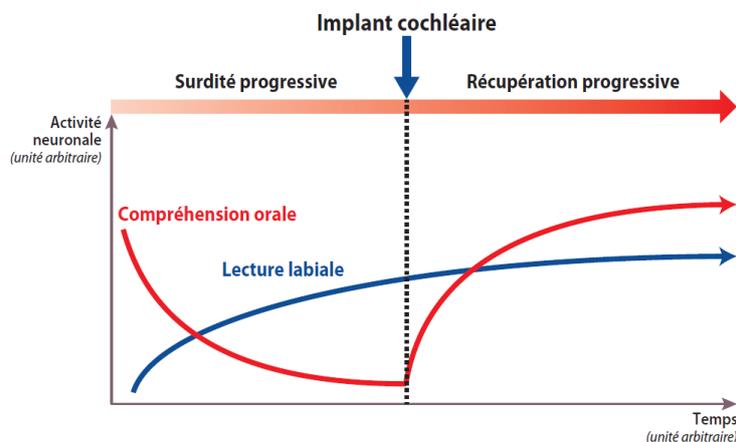
La lecture labiale est la capacité de « lire sur les lèvres », c'est-à-dire de retrouver les mots prononcés par une personne à partir du mouvement de ses lèvres.



**Doc 4. Plasticité cérébrale après la perte de l'audition chez une personne sourde post-linguale**

6. À partir du doc 4, expliquer pourquoi une personne sourde appareillée après une longue période de surdité peut avoir du mal à réentendre. Nommer le phénomène neuronal impliqué.

Alors que l'on croyait que, chez les sujets sourds, la colonisation des aires auditives était irrémédiable, il existe une sorte de contre-plasticité auditive. « *Au fur et à mesure de la réadaptation au langage permise par l'implant cochléaire, la réorganisation [neuronale] qui s'est opérée en l'absence de stimulus s'estompe* » dit Pascal Barone. Autrement dit, on revient peu à peu au fonctionnement d'un cerveau « normal ». Les études ont montré que la vision, loin de gêner la récupération des facultés auditives, permettait au contraire de l'améliorer.



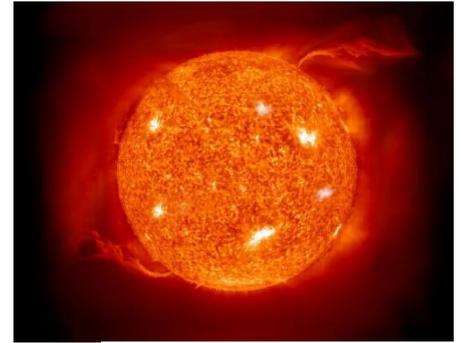
7. Nommer le mécanisme permettant à une personne rapidement appareillée après une surdité de réentendre.

8. Poser une hypothèse permettant d'expliquer le fait que la vision permet d'augmenter les capacités auditives de cette personne.

### Exercice 3. Le Soleil (10 points sur 20)

Le Soleil est l'étoile du Système solaire. C'est une étoile de type naine jaune dans la classification astronomique. Il fait partie de la galaxie appelée la Voie lactée et se situe à environ 27 000 années-lumière du centre galactique.

Le Soleil est une étoile âgée d'environ 4,57 milliards d'années. Sa masse est d'environ  $1,989 \times 10^{30}$  kg, composée principalement d'hydrogène (73,5 % de la masse), d'hélium (24,9 %), d'oxygène (0,8 %) et de carbone (0,3 %).



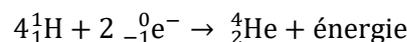
© photlook /Adobe Stock

1. Réaliser un graphique présentant l'abondance des éléments chimiques dans le Soleil.

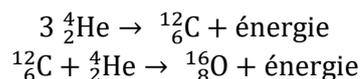
#### Partie A. Nucléosynthèse stellaire

La formation d'une étoile débute, grâce à la gravitation, par la contraction d'un nuage de gaz composé essentiellement d'hydrogène (H) et d'hélium (He). Du fait de la compression, le noyau de l'étoile est alors porté à des millions de degrés et devient le siège de réactions nucléaires. C'est donc au cœur des étoiles que la matière est élaborée, on parle de nucléosynthèse stellaire. Selon la température du noyau de l'étoile, qui dépend directement de sa masse, des réactions nucléaires différentes ont lieu.

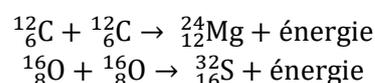
- Dans les étoiles les moins massives ( $m_{\text{étoile}} \geq 1,6 \times 10^{29}$  kg), ont lieu les réactions nucléaires ayant comme réactif l'hydrogène. Ces réactions nécessitent une température au cœur de l'étoile de  $T = 10 \times 10^6$  K. Elles permettent par exemple la formation d'hélium :



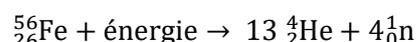
- Dans les étoiles plus massives ( $m_{\text{étoile}} \geq 6,7 \times 10^{29}$  kg) la contraction est suffisante pour que la température du cœur de l'étoile puisse atteindre  $T = 100 \times 10^6$  K. Des réactions nucléaires ayant comme réactif l'hélium ont lieu. Elles permettent par exemple la formation de carbone et d'oxygène :



- Dans les étoiles supermassives ( $m_{\text{étoile}} \geq 1,6 \times 10^{31}$  kg) la contraction est suffisante pour que la température du cœur de l'étoile puisse atteindre  $T = 800 \times 10^6$  K. Des réactions nucléaires transforment alors le carbone, l'oxygène et le néon en magnésium, silicium, soufre... jusqu'au fer. Elles permettent par exemple la formation de magnésium ou de soufre :



- L'ensemble de ces réactions permettent d'aboutir à un noyau constitué essentiellement de fer. Le fer est l'élément le plus stable de la nature, il ne peut donner lieu à des réactions nucléaires augmentant la température de l'étoile, la nucléosynthèse s'arrête. La gravité devient prépondérante et il est alors possible que des photons de grande énergie détruisent les atomes de fer de l'étoile par la réaction nucléaire suivante :

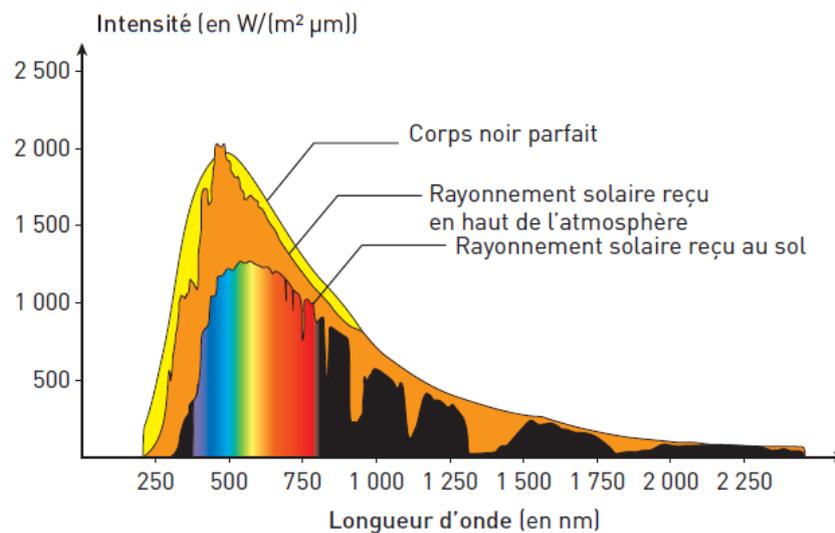


Cette réaction permet d'expliquer la formation de supernova.

2. En utilisant la masse du Soleil et sa composition chimique, écrire les principales réactions nucléaires ayant lieu dans le Soleil.
3. Préciser le type des réactions nucléaires écrites à la question 2.
4. Donner l'ordre de grandeur de la température accessible au cœur du Soleil expliquant ces réactions. En réalité la température du cœur du Soleil n'atteint que les  $15 \times 10^6$  K.
5. Expliquer l'origine de l'énergie que nous fournit le Soleil.
6. Préciser le type de réaction nucléaire permettant la formation supernova.
7. Préciser si le Soleil deviendra une supernova.

## Partie B. Étude de deux spectres du Soleil

On donne le spectre du rayonnement électromagnétique du Soleil.



### Doc 1. Spectre d'émission du rayonnement solaire

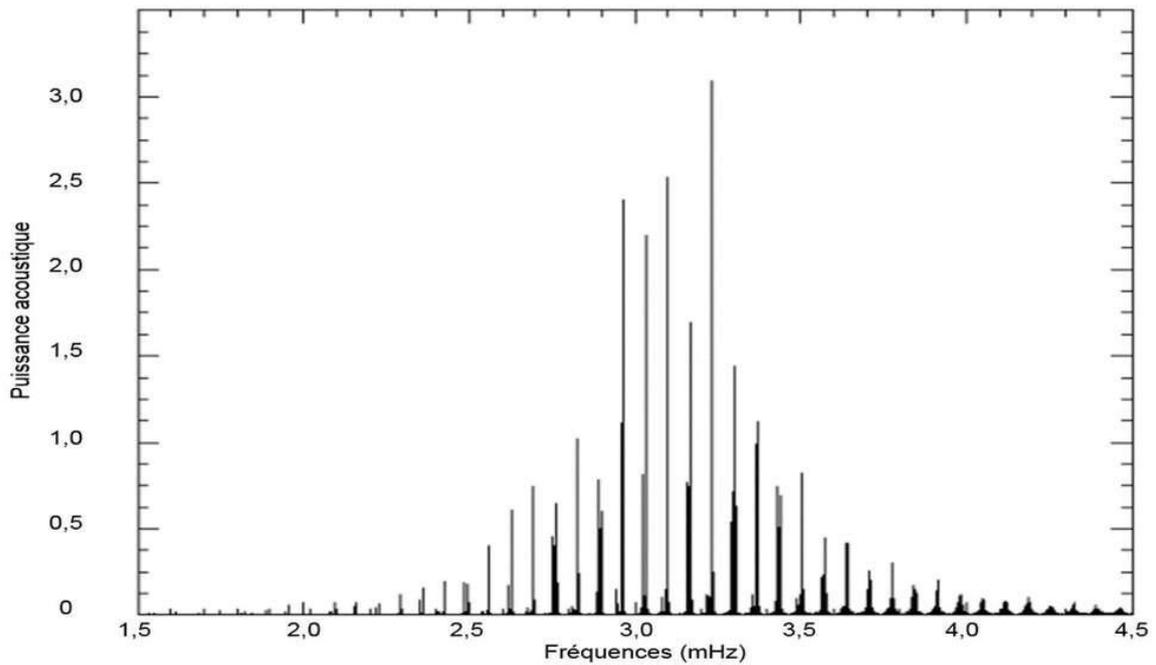
On rappelle la loi de Wien : la température  $T$  (en Kelvin) d'un corps noir est reliée à la longueur d'onde  $\lambda_{\max}$  (en nanomètre) correspondant au maximum de rayonnement de son spectre d'émission par la relation :

$$T = \frac{2,89 \times 10^6}{\lambda_{\max}}$$

8. Sur un axe gradué en nanomètre, préciser où se trouve le visible, les infrarouges et les ultraviolets.
9. Déterminer la température du Soleil donné par la loi de Wien.
10. Expliquer la différence entre le résultat précédent et celui trouvé à la question 4.

Entre le cœur et la surface du Soleil, des mouvements de masse ont lieu. Ces mouvements provoquent des vibrations sonores. Le Soleil agit comme une cavité de résonance similaire à celle des instruments de musique.

On donne le spectre acoustique du Soleil.



## Doc 2. Spectre acoustique du Soleil

**11.** Situer le spectre acoustique du Soleil par rapport au spectre acoustique de l'audible.

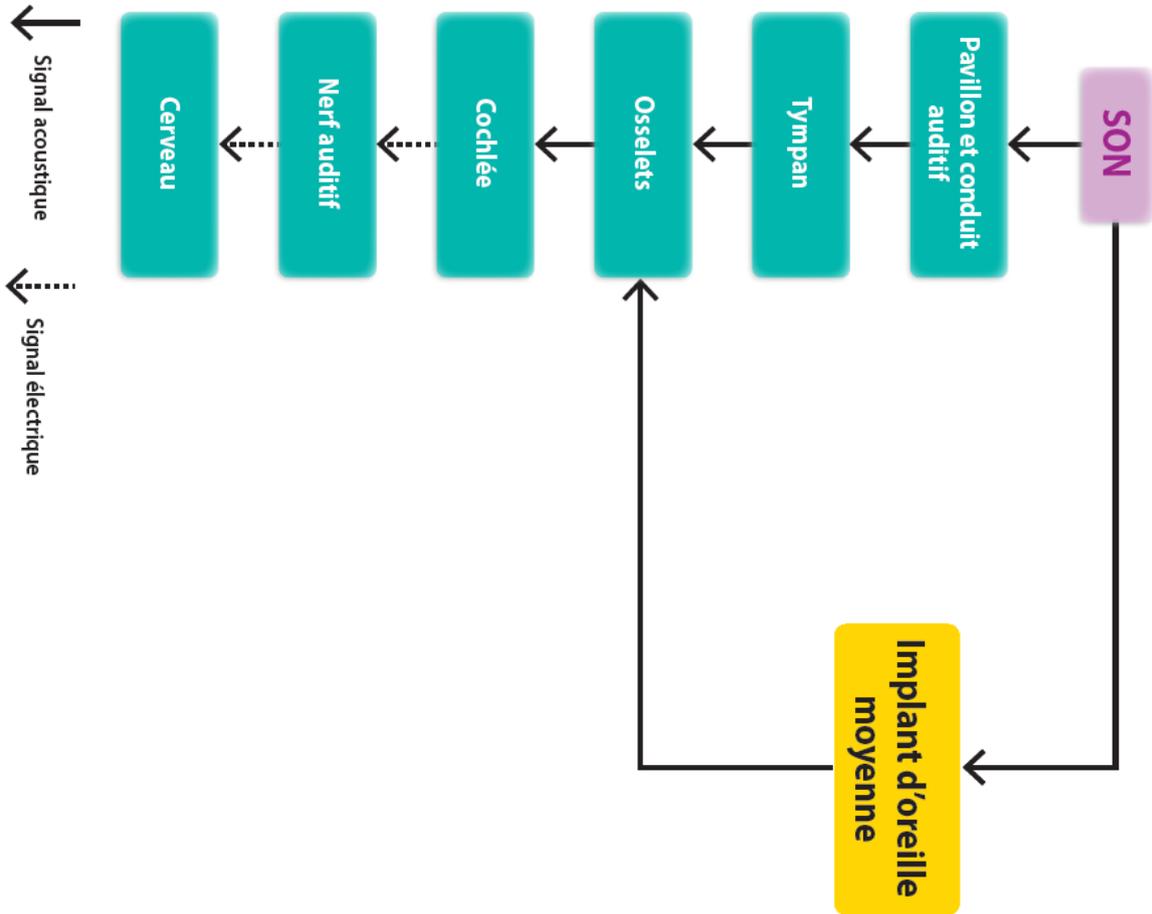
**12.** Justifier la phrase suivante : « Le Soleil produit des ondes sonores décalées de 17 octaves par rapport à la note « La » centrale du piano de fréquence 440 Hz. »

La forme du spectre acoustique de l'étoile Beta Aquilae est similaire à celui du Soleil, cependant ce spectre est centré autour de 0,42 mHz.

**13.** En admettant que les ondes sonores dans les étoiles se comportent de façon similaire à des cordes vibrantes, comparer les rayons du Soleil et de Beta Aquilae.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice Des prothèses auditives pour tous les Français malentendants ? – Question 4



Doc 3. Effets de différents implants et prothèses sur la transmission du message sonore