1SPÉ	VOIX DE CANARD	DS - 40′

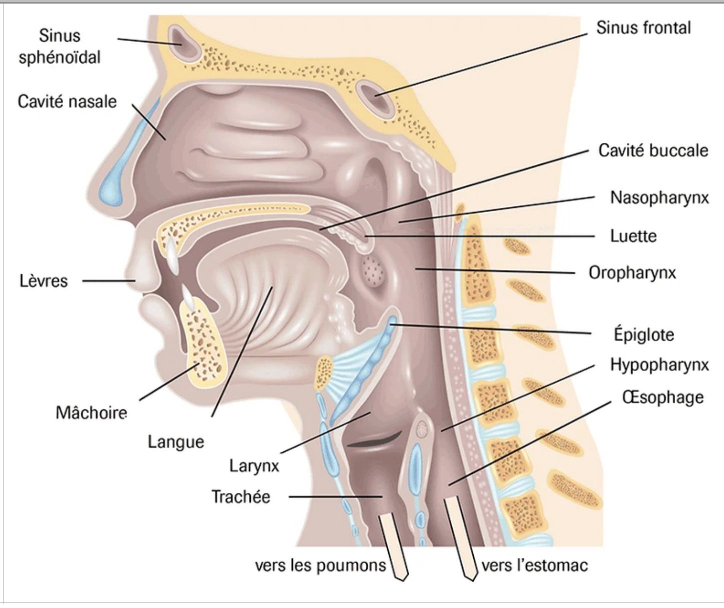
« Dans notre caisson nous respirons un air pauvre en oxygène. Normalement la proportion d'oxygène dans l'atmosphère est de 21 % et de 79 % d'azote. Là c'est essentiellement de l'hélium (90 %) et seulement 3 à 4 % d'oxygène […]. Mais il transforme les voix en voix de canard et pour se comprendre nous portons un casque micro qui corrige cette déformation ».

Laurent Ballesta (photographe, plongeur et biologiste)

Doc. 1 : La parole humaine, un phénomène complexe

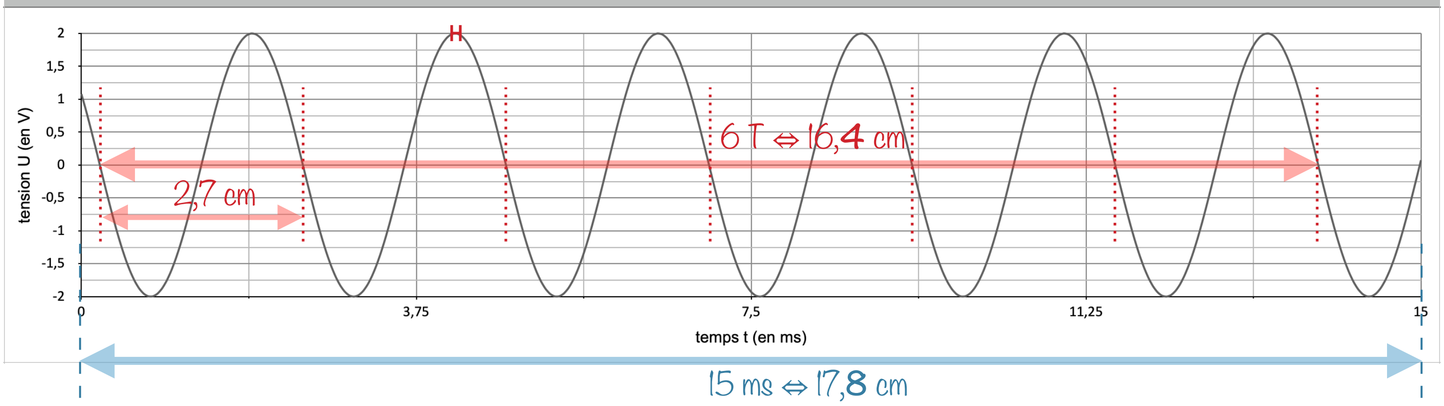
La hauteur du son émis dépend de plusieurs facteurs comme les dimensions du larynx, la tension des cordes vocales et la vitesse de propagation du son dans l'air.

Le gaz qui sert à la production de la voix est le gaz expiré mais quelle que soit la célérité du son produit, la longueur d'onde λ du son émis est toujours la même.



On souhaite en laboratoire reproduire la modification de la voix de Laurent Ballesta. On enregistre à l'aide d'une interface d'acquisition et d'un microphone un son émis dans l'air à la température de 20 °C (doc. 2).

Doc. 2 : évolution de la tension au bornes du microphone en fonction du temps



Données à la température de 20 °C :

- célérité du son dans l'air : $v_{\text{air}} = 3{,}43 \times 10^2$ m·s-1 ;
- célérité du son dans l'hélium : $v_{\text{hélium}} = 1{,}02 \times 10^3$ m·s-1.

1. Déterminer le plus précisément possible la valeur de la période T du signal enregistré (doc. 2). Une rédaction détaillée est attendue.

15,0 ms	17,8 cm
6 T	16,4 cm

$$6\,T = \frac{16{,}4 \text{ cm}}{17{,}8 \text{ cm}} \times 15{,}0 \text{ ms} = 13{,}8 \text{ ms} \quad \Rightarrow T = 13{,}8/6 = 2{,}30 \text{ ms}$$

2. En déduire la valeur de la fréquence f du son émis.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}30 \text{ ms}} = \frac{1}{2{,}30 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 435 \text{ Hz}$$

3. On souhaite déterminer la longueur d'onde λ du son émis. On dispose de deux micros placés côte à côte. Les signaux captés par les deux micros sont en phase. On déplace un des deux micros jusqu'à ce que les deux signaux reviennent pour la première fois en phase. La distance qui sépare les micros est alors $d =$ 76,9 cm.

3.1. Donner la définition de la longueur d'onde λ d'un signal sinusoïdal.

Plus petite distance entre deux répétitions à l'identique du signal (taille d'un motif).

3.2. Déterminer la valeur de la longueur d'onde du son émis. Expliquer comment améliorer la précision de la mesure.

Comme d correspond à la distance séparant deux mises en phase successives des signaux, il s'agit d'une longueur d'onde.

$\Rightarrow \lambda = d = 76{,}9$ cm

Pour améliorer la précision, il faudrait mesurer plusieurs longueurs d'onde consécutives plutôt qu'une seule.

4. À partir des mesures effectuées déterminer la valeur célérité du son dans l'air. Commenter.

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times f = (7{,}69 \cdot 10^{-1} \text{ m}) \times (435 \text{ Hz}) = (76{,}9 \text{ cm}) \times (435 \text{ Hz}) = 335 \text{ m.s}^{-1}$$

On trouve une vitesse une peu inférieure, mais proche, de la valeur théorique v_{air} de la célérité du son dans l'air à 20 °C. Peut-être fait-il un peu moins de 20 °C lors de l'expérience.

5. On souhaite reproduire l'effet « voix de canard » observé par les plongeurs. Déterminer la valeur de la fréquence avec laquelle on doit régler le générateur pour imiter la modification d'un son émis cette fois dans l'hélium, sachant que la longueur d'onde du son émis est conservée mais que la célérité du son dans l'hélium est différente de celle dans l'air. Commenter.

On nous dit que la longueur d'onde du son émis est conservée, donc $\lambda_{air} = \frac{c_{air}}{f_{air}} = \lambda_{He} = \frac{c_{He}}{f_{He}} \Rightarrow f_{He} = \frac{c_{He}}{c_{air}} \times f_{air}$

Pour c_{air} et c_{He}, les célérités du son respectivement dans l'air et l'hélium, on va prendre les valeurs données dans l'énoncé v_{air} et $v_{\text{hélium}}$. On obtient :

$$f_{He} = \frac{1{,}02 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}}{3{,}43 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}} \times (435 \text{ Hz}) = 1{,}30 \cdot 10^3 \text{ Hz} = 1{,}30 \text{ kHz}$$ Le son produit est **plus aigu** (plus de 2 octaves au-dessus).