EXERCICE 2 : LE TROMBONE DE KOENIG (5 POINTS)

Le trombone de Koenig est un dispositif permettant de déterminer la célérité des ondes acoustiques. Il est composé de deux tubes en U emboîtés l'un dans l'autre. Le premier est fixe, le second est mobile. Un haut-parleur, alimenté par un générateur de basse fréquence, émet un son de fréquence fixe. Un microphone branché sur un oscilloscope mesure le signal à la sortie du dispositif. On suppose que les ondes ont la même amplitude dans les deux tubes et que leur propagation a lieu sans amortissement.

Lorsque le tube mobile est enfoncé au maximum (décalage nul), le dispositif est symétrique et les deux chemins suivis par les ondes ont la même longueur.

Lorsque le tube mobile est tiré, les deux chemins suivis sont différents : les ondes interfèrent.

D'après la Mission de Sauvegarde du Patrimoine Scientifique Technique Contemporain (patstec.fr)

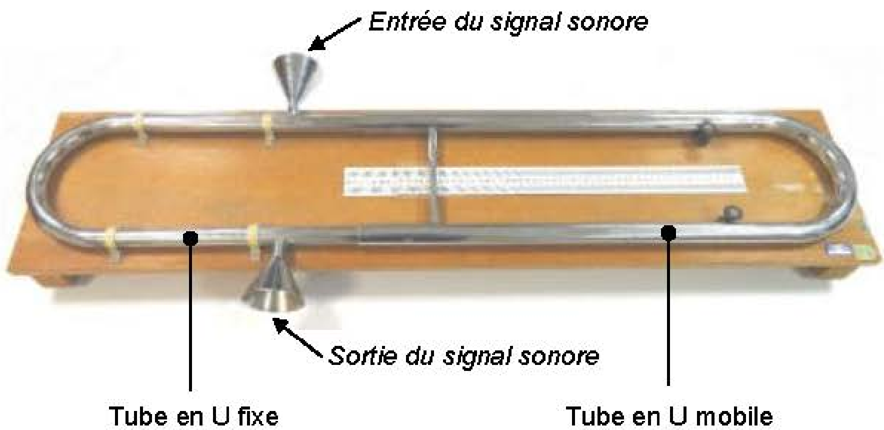

Figure 1. Trombone de Koenig

L'objectif de cet exercice est de déterminer la célérité des ondes acoustiques dans l'air à 20 °C.

Exercice 2

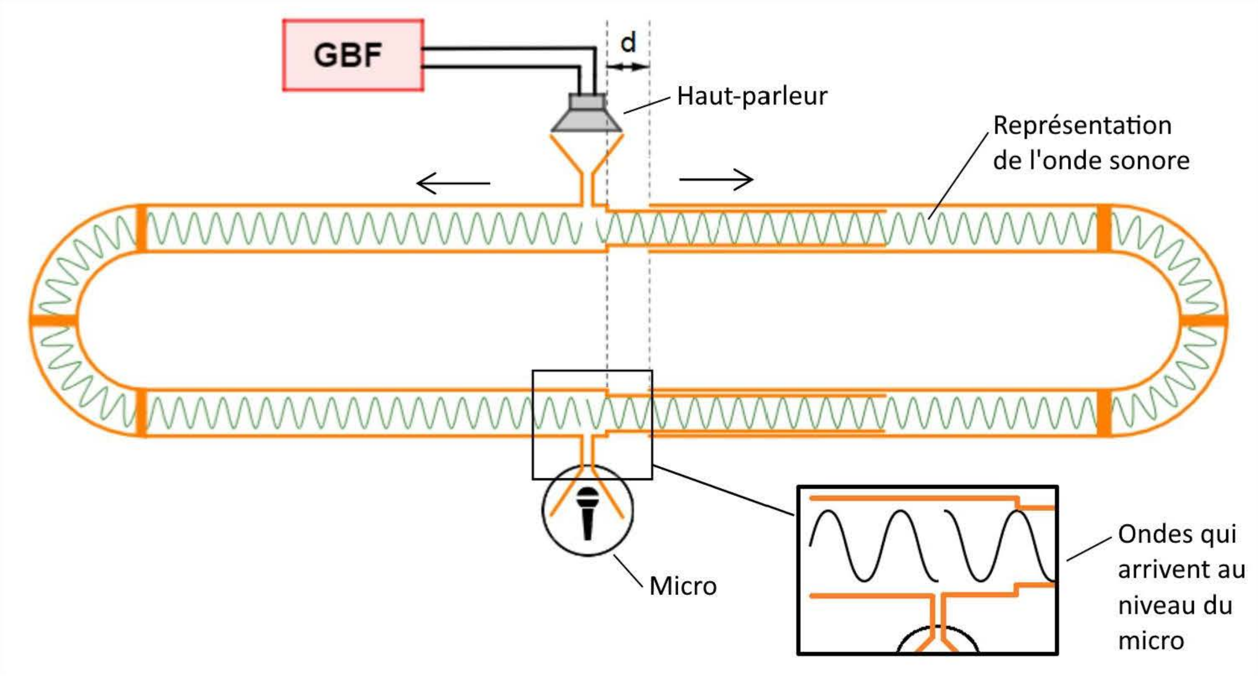

Figure 2. Le tube mobile est décalé vers la droite d'une distance *d* (le sens de propagation des signaux est représenté par une flèche) – **Expérience 1**

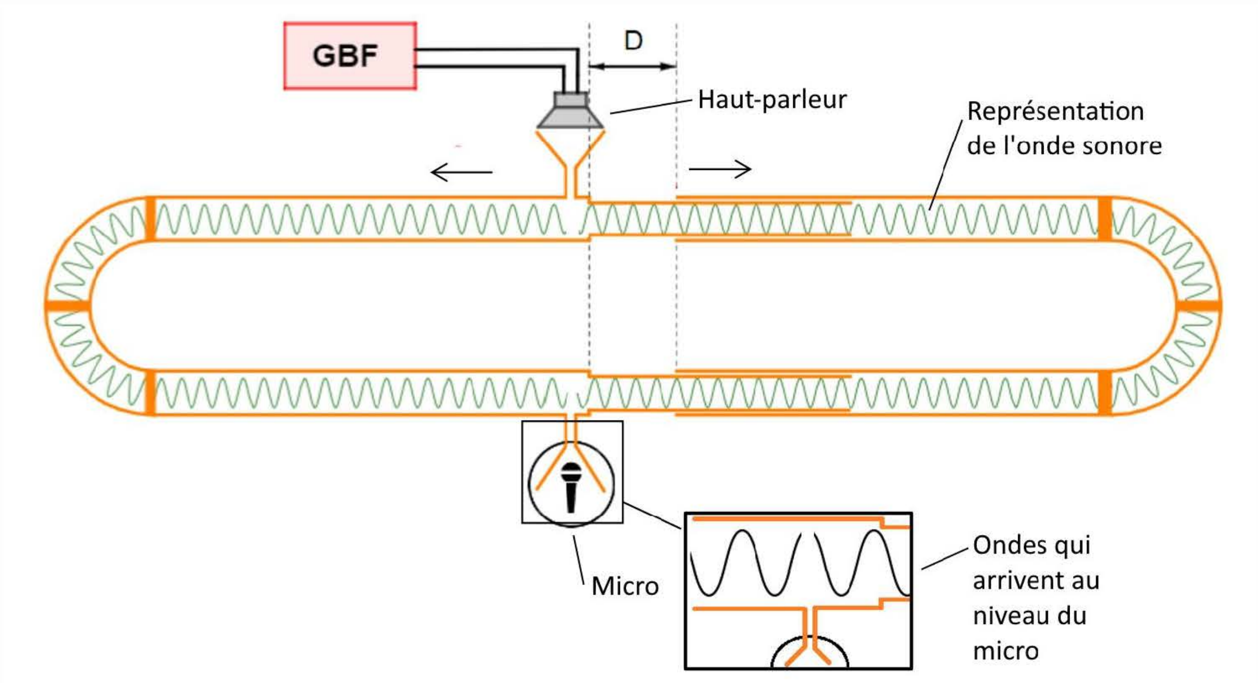

Figure 3. Le tube mobile est décalé vers la droite d'une distance *D* (le sens de propagation des signaux est représenté par une flèche) – **Expérience 2**

Q.1. Justifier en quoi le trombone de Koenig est un dispositif qui vérifie les conditions nécessaires à l'observation d'interférences au niveau du microphone.

Exercice 2

Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe la figure suivante :

- la voie CH1 est reliée au GBF ;
- la voie CH2 est reliée au microphone.

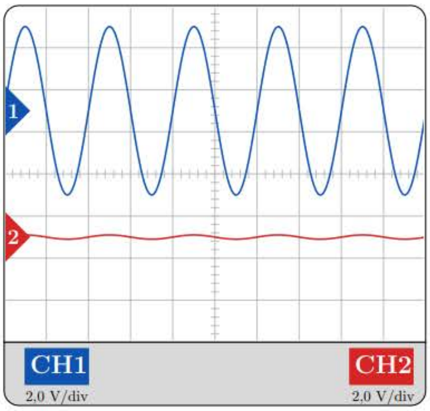

Figure 4. Écran d'oscilloscope

Q.2. Préciser le type d'interférences observé sur la figure 4 et justifier si celle-ci est associée à l'expérience 1 ou à l'expérience 2.

Pour l'expérience 2, on définit δ, la différence de marche à l'instant t entre l'onde circulant dans le tube en U fixe et l'onde circulant dans le tube en U mobile.

Q.3. Exprimer δ en fonction de D.

Q.4. Rappeler la relation entre δ et λ, la longueur d'onde du signal sonore, dans le cas d'interférences constructives. On introduira dans cette relation un nombre entier positif k.

Q.5. Montrer, à l'aide des questions 3 et 4, que pour tout k entier positif, la distance de décalage correspondante D_k, conduisant à des interférences constructives, peut se mettre sous la forme :

$$D_k = \frac{k}{2} \times \frac{v}{f}$$

avec v : célérité de l'onde sonore dans le trombone en $m \cdot s^{-1}$;
f : fréquence de l'onde sonore dans le trombone en Hz.

La plus petite distance de décalage D_1 permettant d'observer à l'écran des interférences constructives est D_1 = 4,35 cm pour une fréquence de l'onde sonore f = 4 032 Hz.

Q.6. En déduire la valeur de la célérité de l'onde sonore se propageant dans le trombone de Koenig.

Exercice 2

On souhaite automatiser la détermination de la célérité v des ondes acoustiques, en exploitant toutes les valeurs D_k mesurées, à l'aide du programme écrit en langage python ci-dessous.

```
1 from statistics import mean
2
3 D=[4.32e-2,8.7e-2,13.1e-2,17.4e-2,21.6e-2]    # décalage en mètre de la partie mobile du trombone
4 k=[1,2,3,4,5]                                 # nombre de décalage permettant l'obtention d'interférences constructives
5 f=4032
6 v=[]
7
8 for i in range(len(D)):                       # i prend les valeurs successives 0,1,2,3,4
9   v_i=2*f*D[i]/k[i]
10   v.append(v_i)
11
12  v_son=round(mean(v))                        # permet de calculer la moyenne  v_son  des grandeurs contenues dans la liste v
13
14 print("La vitesse moyenne du son dans le trombone est", v_son,"m/s")
15
16 Lambda=...
17 print("La longueur d'onde de l'onde acoustique dans le trombone est",Lambda,"m")
```

Figure 5. Programme permettant de déterminer la célérité et la longueur d'onde des ondes acoustiques

Q.7. Expliquer l'intérêt des lignes 8, 9 dans le programme.

Q.8. Proposer à la ligne 16, à l'aide des grandeurs définies dans le programme, une formule permettant de calculer la longueur d'onde λ (Lambda) des ondes acoustiques.