Le trombone de Koenig

Bac 2025 Centres étrangers 1 Jour 2 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q.1 Justifier que le trombone de Koenig vérifie les conditions nécessaires à l'observation d'interférences au niveau du microphone.

Le son émis par l'unique haut-parleur se partage entre les deux tubes : les deux ondes qui se rejoignent au microphone proviennent de la même source.

Elles ont donc la même fréquence et, pour une position donnée du tube mobile, un déphasage qui ne varie pas au cours du temps.

Les deux ondes sont **cohérentes** et se superposent au microphone : des interférences peuvent y être observées.

PIÈGE
Répondre seulement « deux ondes se superposent ». La condition attendue est la cohérence : même fréquence et déphasage constant.

COMPRENDRE
Diviser l'onde d'une seule source en deux trajets est le moyen habituel d'obtenir deux ondes cohérentes, comme avec les fentes d'Young en optique.

Q.2 Préciser le type d'interférences observé sur la figure 4 et justifier si elle correspond à l'expérience 1 ou à l'expérience 2.

Sur la figure 4, le signal du microphone (voie CH2) a une amplitude presque nulle alors que le GBF (voie CH1) délivre une tension sinusoïdale d'amplitude bien visible : les interférences sont **destructives**.

Dans l'agrandissement de la figure 2, l'une des ondes arrive au microphone sur un creux quand l'autre y arrive sur une crête : elles sont en opposition de phase et se compensent. Dans celui de la figure 3, les deux ondes arrivent ensemble sur une crête : elles sont en phase.

Interférences destructives : la figure 4 correspond à l'**expérience 1**.

COMPRENDRE
L'amplitude résultante est quasi nulle parce que les deux ondes ont la même amplitude, comme le suppose l'énoncé.

MÉTHODE
Pour comparer deux ondes qui se rencontrent, regarder leur état au point de rencontre : deux crêtes ensemble, elles sont en phase ; une crête face à un creux, elles sont en opposition de phase.

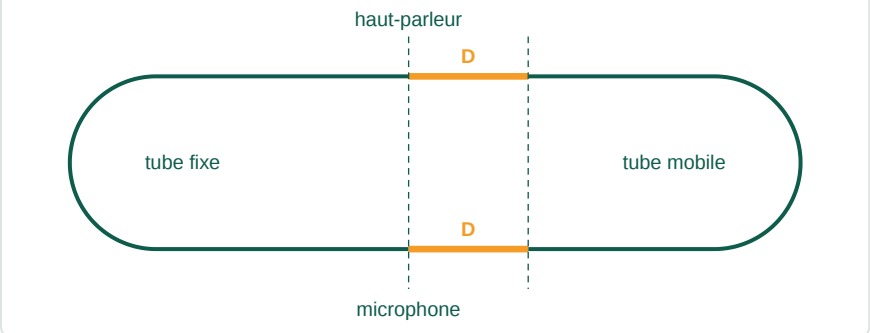
Q.3 Pour l'expérience 2, exprimer la différence de marche δ en fonction du décalage D.

Lorsque le décalage est nul, les deux chemins ont la même longueur.

Tirer le tube mobile de D allonge de D sa branche du haut et de D sa branche du bas. Le chemin passant par le tube mobile s'allonge donc de $2D$, celui du tube fixe ne change pas.

$$\delta = 2D$$

PIÈGE
Écrire $\delta = D$. L'onde parcourt la longueur ajoutée à l'aller, dans la branche du haut, puis au retour, dans la branche du bas.



Q.3 · Le tube mobile tiré de D : deux longueurs D ajoutées au chemin de droite (en orange)

Q.4 Rappeler la relation entre δ et la longueur d'onde λ dans le cas d'interférences constructives, avec un entier positif k.

Les interférences sont constructives lorsque les deux ondes arrivent en phase au microphone, c'est-à-dire lorsque la différence de marche est un multiple entier de la longueur d'onde.

$\delta = k\,\lambda$, avec k entier positif

COMPRENDRE
Pour des interférences destructives, la condition devient $\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$: les ondes arrivent en opposition de phase.

Q.5 Montrer, à l'aide des questions 3 et 4, que les décalages donnant des interférences constructives s'écrivent $D_k = \frac{k}{2} \times \frac{v}{f}$.

Pour le décalage D_k : $\delta = 2D_k$ (Q.3) et $\delta = k\,\lambda$ (Q.4), donc $2D_k = k\,\lambda$.

La longueur d'onde est liée à la célérité et à la fréquence par $\lambda = \frac{v}{f}$.

Ainsi $2D_k = k \times \frac{v}{f}$, soit :

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

MÉTHODE
Dans un « montrer que », chaque égalité utilisée est annoncée avec son origine (question précédente ou relation de cours) avant d'être combinée aux autres.

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

Données utiles $D_1 = 4{,}35\ \text{cm} = 4{,}35 \times 10^{-2}\ \text{m}$; $f = 4\,032\ \text{Hz}$

Le plus petit décalage donnant des interférences constructives correspond à $k = 1$: $D_1 = \frac{1}{2} \times \frac{v}{f}$, d'où

$$v = 2\,D_1\,f$$

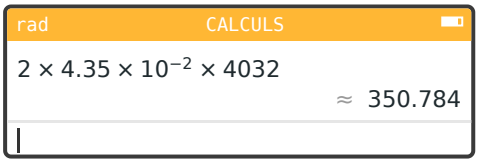
$$v = 2 \times 4{,}35 \times 10^{-2} \times 4\,032 = 351\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v = 351\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

PIÈGE
Laisser D_1 en centimètres : on obtiendrait une célérité cent fois trop grande.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme D_1. L'ordre de grandeur est bien celui de la célérité du son dans l'air, voisine de $340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ à 20 °C.

À LA CALCULATRICE



Q.7 Expliquer l'intérêt des lignes 8 et 9 du programme.

La ligne 8 ouvre une boucle : l'indice `i` prend successivement les valeurs 0, 1, 2, 3, 4, ce qui permet de parcourir les cinq couples de mesures (`D[i]`, `k[i]`).

La ligne 9 calcule, pour chaque couple, la célérité correspondante avec la relation de Q.5 : $v_i = \frac{2\,f\,D_i}{k_i}$.

Ces deux lignes calculent une valeur de la célérité pour **chacune** des mesures de D_k, ce qui permet ensuite d'en faire la moyenne (ligne 12).

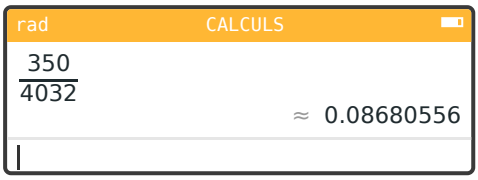
COMPRENDRE
Exploiter cinq mesures puis en prendre la moyenne atténue l'effet des erreurs de lecture sur chaque décalage : le résultat est plus fiable qu'avec la seule valeur D_1.

Q.8 Proposer, à la ligne 16, une formule utilisant les grandeurs du programme pour calculer la longueur d'onde λ (Lambda).

La relation $\lambda = \frac{v}{f}$ s'écrit avec la célérité moyenne `Vson` (ligne 12) et la fréquence `f` (ligne 5) :

Ligne 16 : `Lambda=Vson/f`

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Utiliser `V`, qui est une liste, ou une variable absente du programme. Respecter les majuscules : Python distingue `Vson` de `vson`.

COMPRENDRE
Le programme donne `Vson` $= 350\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, donc $\lambda = 8{,}68 \times 10^{-2}\ \mathrm{m}$, soit environ le double de D_1, comme le prévoit Q.5 pour $k = 1$.