Spécialité : Du clairon à la trompette

Bac S 2011 Polynésie (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1.1 Quelles sont les deux premières notes que l'on peut aisément jouer avec le clairon ?

Données utiles harmoniques jouables : 262 Hz, 393 Hz ; tableau des notes : do 262 Hz, sol 392 Hz

Le fondamental (131 Hz) est difficile à produire. Les deux premières fréquences faciles à jouer sont 262 Hz et 393 Hz.

D'après le tableau, 262 Hz est la fréquence du do, et 393 Hz est très proche de 392 Hz, fréquence du sol.

Les deux premières notes sont le **do** (262 Hz) puis le **sol** (392 Hz).

COMPRENDRE
Ce sujet relève de l'ancien programme : harmoniques, hauteur et timbre ne figurent plus au programme actuel de la spécialité de Terminale. L'exercice reste un bon entraînement sur les ondes sonores.

1.1.2 Comment peut-on qualifier les modes de vibration correspondants ?

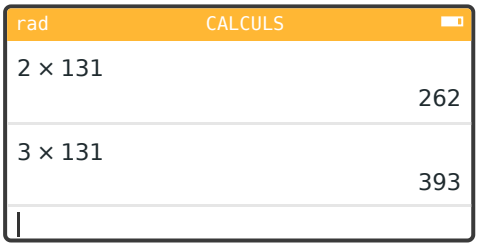
Données utiles fréquence fondamentale $f = 131$ Hz

$262 = 2 \times 131$ et $393 = 3 \times 131$: ces fréquences sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale, $f_n = n\,f$.

Ce sont des **modes harmoniques** : l'harmonique de rang 2 (262 Hz) et l'harmonique de rang 3 (393 Hz).

PIÈGE
Répondre seulement « modes propres » sans préciser. Le mot attendu est « harmoniques », justifié par le rapport entier avec le fondamental.

À LA CALCULATRICE



1.2.1 Déterminer la longueur L du tuyau ouvert aux deux extrémités équivalent au clairon étudié.

Données utiles $f = \dfrac{v}{2L}$; $f = 131$ Hz ; $v = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$f = \dfrac{v}{2L}$ donc $L = \dfrac{v}{2f}$

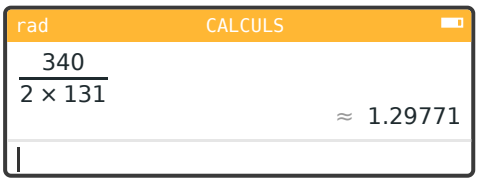
$$L = \frac{340}{2 \times 131} = 1{,}30\ \text{m}$$

$L = 1{,}30$ m

PIÈGE
Taper 340÷2×131 sans parenthèses : la calculatrice multiplie alors par 131 et affiche 22 270.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme v et f. Le résultat dépasse un peu la longueur réelle (environ 1,2 m) : le tuyau équivalent tient compte des effets du bec et du pavillon.

À LA CALCULATRICE



1.2.2 À la fréquence fondamentale, préciser pour chacune des positions (1) et (2) s'il s'agit d'un nœud ou d'un ventre de vibration.

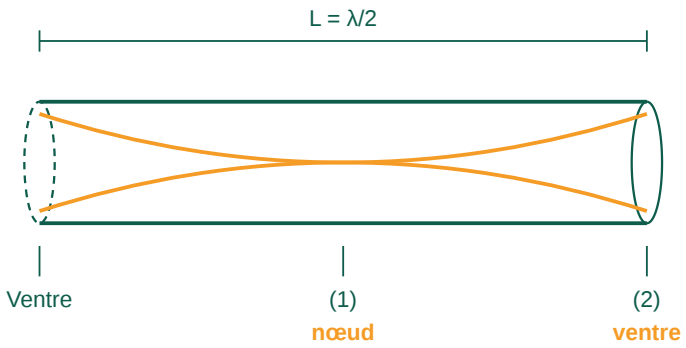
Données utiles tuyau ouvert aux deux extrémités ; ventre à l'extrémité gauche ; (1) au milieu ($L/2$) ; (2) à l'extrémité droite

Le tuyau est ouvert aux deux extrémités, qui jouent le même rôle : puisqu'il y a un ventre de vibration à gauche, il y en a aussi un à l'extrémité droite, en (2).

Entre deux ventres se trouve toujours un nœud. Dans le mode fondamental, le tuyau contient le moins de nœuds possible : un seul, à égale distance des deux ventres, donc au milieu, en (1).

En (1) : **nœud** de vibration ; en (2) : **ventre** de vibration.

MÉTHODE
Tracer le fuseau : l'amplitude de vibration est maximale aux ventres (extrémités ouvertes) et nulle au nœud. Le fondamental correspond à un seul fuseau, « ventre – nœud – ventre ».



1.2.2 · Mode fondamental du tuyau ouvert aux deux extrémités

1.2.3 En déduire la longueur d'onde λ correspondant à la fréquence fondamentale f.

Données utiles $L = \frac{v}{2f}$ (1.2.1) ; ventres aux deux extrémités (1.2.2) ; $v = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f = 131$ Hz

Deux ventres consécutifs sont séparés d'une demi-longueur d'onde. Dans le mode fondamental, les deux seuls ventres sont aux extrémités du tuyau :

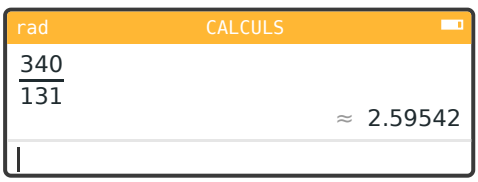
$$L = \frac{\lambda}{2} \quad \text{donc} \quad \lambda = 2L = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{340}{131} = 2{,}60\ \text{m}$$

$\lambda = 2L = 2{,}60\ \text{m}$

COMPRENDRE
On retrouve la relation générale $\lambda = \frac{v}{f}$, ce qui valide le résultat. Calculer avec la valeur non arrondie de L : $2 \times 1{,}2977 = 2{,}595$, arrondi à 2,60 m.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Nommer la grandeur physique qui mesure la hauteur d'un son.

La hauteur d'un son est mesurée par sa **fréquence**, celle du mode fondamental, en hertz.

COMPRENDRE
Plus la fréquence du fondamental est grande, plus le son est aigu ; plus elle est petite, plus il est grave.

2.1.2 Le lien indiqué dans le texte entre la longueur du tube et la hauteur de la note est-il cohérent avec la relation de la question 1.2 ? Justifier.

Données utiles $f = \dfrac{v}{2L}$; texte : une longueur de tube supplémentaire abaisse la hauteur de la note

D'après $f = \dfrac{v}{2L}$, la vitesse v du son étant constante, la fréquence f est inversement proportionnelle à la longueur L : si L augmente, f diminue.

Or une fréquence plus faible correspond à un son plus grave, donc à une hauteur plus basse.

Oui, l'information est cohérente : allonger le tube diminue f, ce qui abaisse la hauteur de la note.

PIÈGE
Se contenter de « oui, c'est cohérent ». La justification demandée repose sur deux étapes : L au dénominateur, puis le lien entre fréquence et hauteur.

2.1.3 On joue un sol sans piston. Un piston enfoncé donne $L' = 1{,}12\,L$. Quelle est la fréquence f' du son émis ? À quelle note correspond-elle ?

Données utiles sol : $f = 392$ Hz ; $L' = 1{,}12\,L$; fa : 349 Hz

Sans piston : $f = \dfrac{v}{2L}$. Avec le piston :

$$f' = \frac{v}{2L'} = \frac{v}{2 \times 1{,}12\,L} = \frac{f}{1{,}12}$$

$$f' = \frac{392}{1{,}12} = 350 \text{ Hz}$$

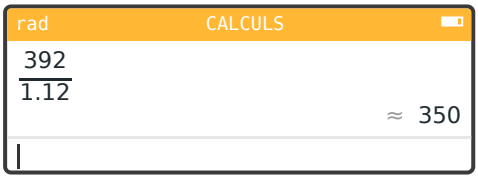
Dans le tableau, la fréquence la plus proche est 349 Hz.

$f' = 350$ Hz : la note jouée est un **fa**.

PIÈGE
Multiplier par 1,12 au lieu de diviser : on obtiendrait 439 Hz, un son plus aigu, alors que le tube allongé doit donner un son plus grave.

MÉTHODE
Quand une grandeur est multipliée par un facteur, former le rapport des deux expressions littérales : v et L se simplifient, inutile de calculer L.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 La sourdine réduit la transmission d'énergie à l'air ambiant. Quelle grandeur caractéristique du son émis voit sa valeur diminuée ?

L'air reçoit moins d'énergie par seconde : la puissance sonore transmise diminue, donc l'intensité sonore I aussi.

C'est l'**intensité sonore** du son, et donc son **niveau d'intensité sonore** L (en dB), qui diminue.

COMPRENDRE
L'intensité sonore, en $\mathrm{W \cdot m^{-2}}$, est une puissance par unité de surface. Le niveau $L = 10 \log \dfrac{I}{I_0}$ diminue en même temps qu'elle : le son est perçu moins fort.

2.2.2 En comparant les deux spectres, préciser en justifiant si la trompette émet la même note dans les deux cas, et quelle autre grandeur caractéristique du son est modifiée par la sourdine.

Données utiles spectres avec et sans sourdine : premier pic vers 0,44 kHz dans les deux cas, pics suivants régulièrement espacés jusqu'à 4 kHz

Note jouée. Sur chaque spectre, le premier pic, celui du fondamental, se situe à la même fréquence, environ 0,44 kHz. La hauteur est donc inchangée : la trompette émet la même note dans les deux cas.

Autre grandeur. Les harmoniques sont aux mêmes fréquences, mais leurs amplitudes relatives diffèrent. Sans sourdine, elles décroissent régulièrement quand le rang augmente. Avec sourdine, le quatrième pic est très affaibli alors que les pics situés vers 2,2 kHz, 3,1 kHz et 3,5 kHz sont renforcés.

Même note (même fréquence fondamentale, environ 440 Hz) ; la sourdine modifie le **timbre** du son.

PIÈGE
Conclure sur l'intensité à partir de ces spectres : l'ordonnée est une amplitude relative, ramenée au pic le plus haut. Elle ne permet pas de comparer les niveaux sonores des deux sons.

MÉTHODE
Lire un spectre : l'abscisse du premier pic donne la hauteur ; le nombre de pics et leurs amplitudes relatives donnent le timbre.