EXERCICE III : TUYAUX SONORES. (4 points)

Amérique du nord 2008

Données :

La célérité du son dans l'air est v = 340 m.s^{-1} à 15 °C.

1. Ondes sonores

1.1. *Une source sonore émet en continu un son dans l'air.*
Caractériser l'onde sonore qui se propage dans l'air en utilisant tout ou partie du vocabulaire suivant :
progressive, électromagnétique, transversale, mécanique, longitudinale, stationnaire.

1.2. *Un auditeur peut déterminer la direction dans laquelle est située une source sonore S, sans la voir, quand le retard entre les vibrations reçues par ses deux oreilles D (droite) et G (gauche) est au moins égal à 1,0.10^{-4} s.*

L'auditeur pourra-t-il définir la direction de la source sonore S si celle-ci est située à 7,20 m de son oreille droite et à 7,10 m de son oreille gauche, la température étant de 15 °C ?

2. Tuyaux sonores à embouchure de flûte

Les tuyaux sonores à embouchure de flûte équipent en partie les tuyaux d'orgues.
Un tuyau sonore à embouchure de flûte, comprend un biseau ; l'air vient frapper ce biseau, il en découle une mise en oscillation de la colonne d'air à l'intérieur du tuyau. Ces tuyaux sont considérés comme des tuyaux ouverts au niveau de l'embouchure. L'autre extrémité du tuyau peut être :

- *soit ouverte, le tuyau sonore est alors un tuyau ouvert aux deux extrémités.*
- *soit fermée, le tuyau est alors ouvert à une extrémité, fermé à l'autre.*

À une extrémité ouverte, est toujours situé un ventre de vibration noté V.
À une extrémité fermée, est toujours situé un nœud de vibration noté N.

2.1. Tuyau sonore ouvert aux deux extrémités

Un tuyau sonore de longueur L ouvert aux deux extrémités émet à θ = 15 °C un son de fréquence f = 262 Hz. L'état vibratoire du mode fondamental du tuyau peut être représenté de la manière suivante :

V ***N*** ***V***

2.1.1. A quel type d'ondes appartient le mode de vibration de la colonne d'air ?

2.1.2. Parmi les caractéristiques suivantes d'un son : intensité, hauteur, timbre, quelle est celle qui correspond à la fréquence du son ?

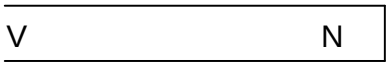
2.1.3. Dans le cas d'une corde tendue entre deux points fixes, donner la relation entre la distance qui sépare deux ventres ou deux nœuds successifs en fonction de la longueur d'onde.
Sachant qu'elle reste valable dans le cas du tuyau sonore, en déduire la relation entre L, v, et f.

2.1.4. Justifier l'affirmation suivante d'un élève : «À un tuyau sonore long correspond un son grave ».

2.1.5. Exprimer, en fonction de f, la longueur L_2 du tuyau qui émettrait un son dont le fondamental correspondrait à l'harmonique de rang 2 du tuyau de longueur L.
En déduire la relation entre L_2 et L.

2.2.Tuyau sonore fermé à une extrémité

Soit un tuyau à embouchure de flûte de longueur L_0, mais fermé à l'autre extrémité.
Ce tuyau est représenté ci-dessous dans le mode fondamental :



2.2.1. Par analogie avec une corde tendue entre deux points fixes, exprimer la fréquence f_0 du mode fondamental émis par ce tuyau en fonction de v et L_0.

2.2.2. Un élève affirme : « Un tuyau ouvert aux deux extrémités sonne avec une fréquence double de celle d'un tuyau de même longueur, fermé à une extrémité ». Est-ce vrai ou faux ? Justifier la réponse.

2.3. Influence de la température sur la fréquence du son émis

Données *: La vitesse du son dans l'air est proportionnelle à* $\sqrt{T}$.
T est la température absolue, exprimée en Kelvin (K) ; elle est reliée à θ, température exprimée en degré Celsius (℃) par la relation : T = 273,15 + θ

Expérience *: Le tuyau sonore est celui de longueur L étudié en 2.1.*
On rappelle que lorsque la température θ était égale à 15 ℃, la célérité du son dans l'air était v et le son émis avait une fréquence f égale à 262 Hz.

On réalise une nouvelle expérience au cours de laquelle la température de l'air a augmenté de 7 ℃ ; la vitesse du son est devenue v' et la fréquence du son alors émis est f' .

Questions :

2.3.1. Exprimer la célérité v du son dans l'air à la température absolue T.
Exprimer la célérité v' du son dans l'air à la température absolue T'.
En déduire l'expression de v' en fonction de T, T' et v.

2.3.2. Montrer que la nouvelle fréquence f' du son à la température T' est donnée par la relation : $f' = \sqrt{\frac{T'}{T}} . f$.

2.3.3. Une oreille moyenne distingue deux sons de fréquence f et f' si le rapport $\log\left(\frac{f'}{f}\right)$ est supérieur à 5.10^{-3}.
L'oreille moyenne pourra-t-elle distinguer deux sons émis avec un écart de température de 7℃ ?