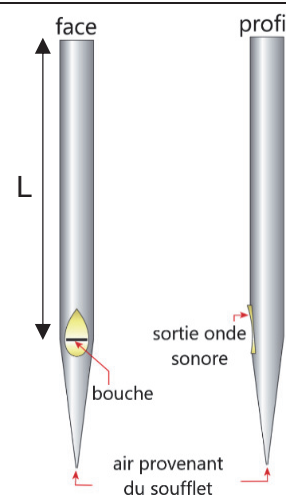


PARTIE B – Mesure et effet de la température sur le son de l'orgue

En plus des tuyaux à anches vus dans la partie A, un orgue est également constitué de tuyaux à bouche (document 3). On étudie l'influence de la température sur le son émis par ces tuyaux.

Document 3 – Constitution d'un tuyau à bouche	
Dans un orgue, de l'air est envoyé au niveau de l'embouchure des tuyaux à bouche au moyen d'un soufflet. La bouche permet d'établir une onde sonore stationnaire sur la longueur L du tuyau. <i>D'après fr.wikipedia.org</i>	

On modélise un tuyau à bouche par un tuyau de longueur L ouvert à une extrémité et fermé à l'autre, dans lequel s'établit une onde sonore stationnaire.

Le mode fondamental ($n = 0$) de l'onde correspond à la plus basse fréquence f_0 et les harmoniques de rang n correspondent aux autres modes. La longueur d'onde de l'harmonique de rang n est donnée par la relation :

$$\lambda_n = \frac{4L}{2n + 1}$$

Q6. Donner l'expression de la longueur d'onde λ_0 du mode fondamental en fonction de la longueur L du tuyau.

Q7. Montrer que la fréquence f_0 du son produit s'écrit, en fonction de la longueur L du tuyau et de la célérité du son c_{son} , sous la forme :

$$f_0 = \frac{c_{\text{son}}}{4L}$$

Un orgue est constitué de tuyaux à bouche de différentes longueurs afin de produire des sons plus ou moins aigus.

Q8. Dédurre de la relation précédente que les tuyaux les plus courts permettent de produire les sons les plus aigus.

À une température de $15\text{ }^\circ\text{C}$, la célérité c_{son} du son a pour valeur $340\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q9. Montrer que pour émettre un son de fréquence f_0 égale à 121 Hz , à cette température, un tuyau à bouche doit avoir une longueur de l'ordre de $L = 70\text{ cm}$.

Il a été constaté que le son de l'orgue varie selon les saisons.

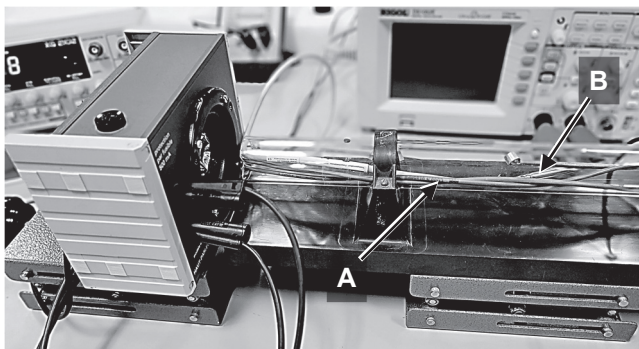
En effet, la dépendance de la célérité c_{son} (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) du son dans l'air avec la température T (en K) peut être modélisée par la relation :

$$c_{\text{son}} = 20,03 \times \sqrt{T}$$

Q10. Montrer que la fréquence fondamentale f_0 du tuyau étudié à la question précédente est liée à la température T de l'air par la relation : $f_0 = 7,2 \times \sqrt{T}$.

Pour vérifier la validité du modèle, on étudie au laboratoire la variation de la fréquence fondamentale du son émis dans un tuyau en fonction de la température de l'air.

Document 4 – Montage expérimental permettant d'étudier la variation de fréquence avec la température



On produit dans le tuyau une onde sonore, dont la fréquence est réglée par un générateur. En faisant varier la fréquence, on peut déterminer la fréquence fondamentale f_0 pour laquelle l'amplitude mesurée à l'oscilloscope est maximale.

La température de l'air dans le tuyau est modifiée grâce à un fil chauffant (A). Une sonde de température (B) de type Pt100 permet de la mesurer.

Caractéristique de la sonde Pt100 :

$$R = 0,385 \times \theta + 100 \quad \text{avec } R \text{ la résistance (en } \Omega \text{) et } \theta \text{ la température (en } ^\circ\text{C}).$$

Lors d'une mesure, la valeur de la résistance de la sonde Pt100, mesurée à l'ohmmètre, est de $115 \, \Omega$.

Q11. Calculer la température θ de l'air dans le tuyau.

On réalise plusieurs mesures à des températures différentes, puis on trace le graphique de la fréquence fondamentale mesurée en fonction de $\sqrt{T}$ (exprimée en $\text{K}^{1/2}$). Ce graphique est reproduit sur la figure 3.

Q12. Expliquer pourquoi, pour valider la relation $f_0 = 7,2 \times \sqrt{T}$, on peut réaliser une modélisation linéaire des points expérimentaux de la figure 3.

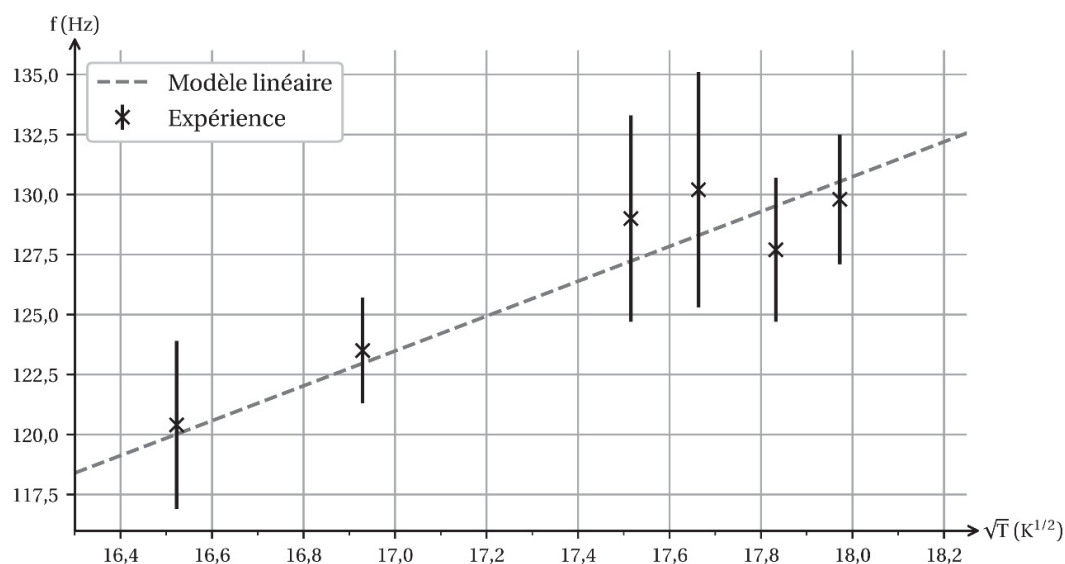


Figure 3 – Dépendance de la fréquence en température

La droite correspondant à la modélisation linéaire est tracée en tirets sur le graphique de la figure 3. Les barres verticales représentent l'incertitude-type sur chaque mesure.

Q13. Expliquer en quoi le tracé de la figure 3 permet d'affirmer que le modèle linéaire correspond aux valeurs expérimentales.

Entre l'été et l'hiver, la température de l'air dans le tuyau passe de 23 °C à 10 °C. Le point correspondant à la température moyenne en hiver est placé sur le **DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

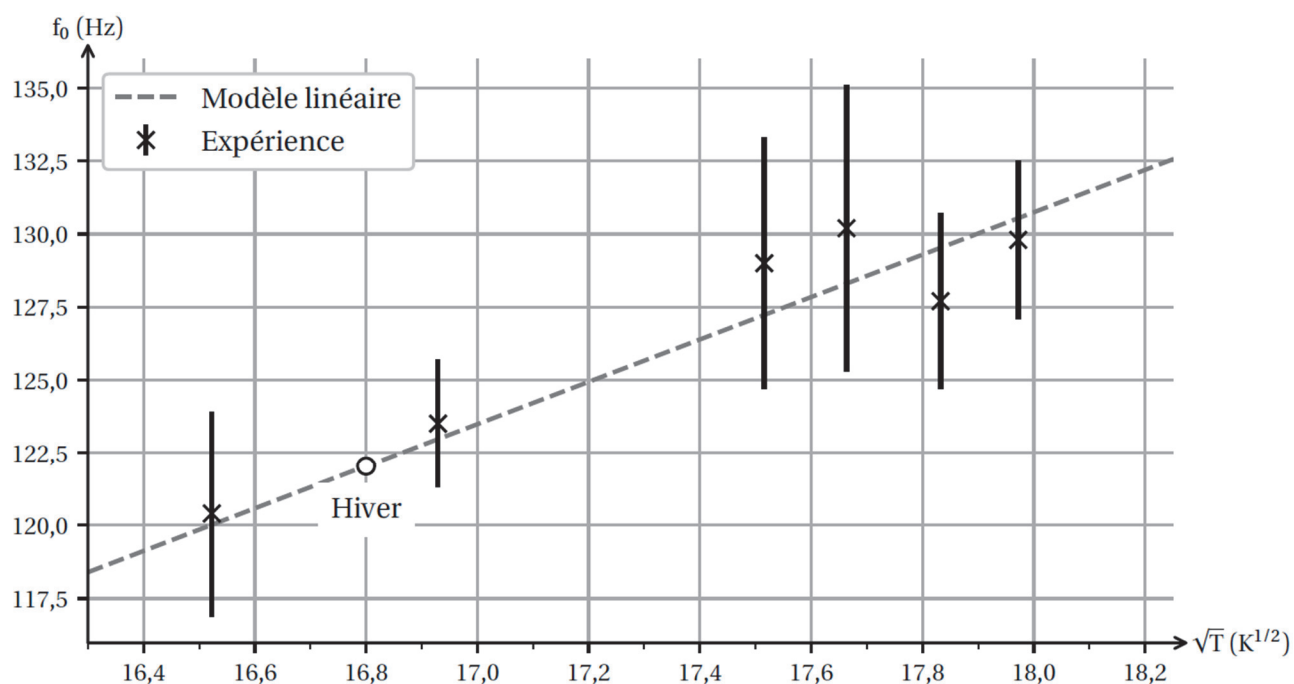
Donnée : $T \text{ (K)} = \theta \text{ (}^\circ\text{C)} + 273$.

Q14. Placer précisément le point correspondant à la température en été sur la courbe de la modélisation du **DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Q15. Vérifier que le son est plus aigu en été.

DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

Question **Q14** : modélisation linéaire des points expérimentaux



Question **Q24** : schéma de la filtration

