Étude d'un orgue ancien

Baccalauréat STL – épreuve de SPCL – métropole, juin 2025

PARTIE A : accordage d'un orgue

Q1. Il est nécessaire que le son soit produit dans un milieu matériel (solide, liquide ou gazeux) pour se propager.

Q2. On observe que l'allure de l'enregistrement de la note jouée à l'orgue (figure 1) n'est pas une sinusoïde parfaite. Le son est donc complexe.

Q3. Sur la figue 2, on mesure le temps nécessaire pour décrire **plusieurs périodes**. Par exemple 6×T = 14 ms. Donc :

$$T = \frac{14}{6} = 2{,}33\ \text{ms}$$

Q4. On calcule la fréquence du son émis par le diapason :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}33 \times 10^{-3}} = 429\ \text{Hz}$$

D'après le tableau proposé, le diapason semble être celui de l'année 1829.

Q5. L'orgue joue une note de fréquence $f = 417$ Hz, inférieure à celle du diapason. Il faut modifier le réglage pour obtenir la note du diapason qui est plus aigue (fréquence plus haute). D'après le document 2, il faut donc enfoncer la rasette.

PARTIE B : mesure et effet de la température sur le son de l'orgue

Q6. On remplace $n = 0$ dans la relation proposée :

$$\lambda_0 = \frac{4L}{2 \times 0 + 1} = \frac{4L}{1} = 4L$$

Q7. À l'aide de la relation entre la longueur d'onde et la fréquence $f = c/\lambda$ et la réponse à la question précédente on obtient :

$$f_0 = \frac{c_{son}}{\lambda_0} = \frac{c_{son}}{4L}$$

Q8. En analysant la relation obtenue ci-dessus, on remarque que si L diminue alors f augmente (proportionnalité inverse). Les petits tuyaux produiront donc les sons les plus aigus.

Q9. On cherche à déterminer L à l'aide de la relation obtenue à la question 7 :

$$\begin{aligned} f_0 &= \frac{c_{son}}{4L} \\ L &= \frac{c_{son}}{4f_0} \\ &= \frac{340}{4 \times 121} = 0{,}70\ \text{m} = 70\ \text{cm} \end{aligned}$$

Q10. On utilise encore la relation de la question 7, en tenant compte de la relation entre célérité et température :

$$\begin{aligned} f_0 &= \frac{c_{son}}{4L} \\ &= \frac{20{,}03 \times \sqrt{T}}{4 \times 0{,}70} = 7{,}2\sqrt{T} \end{aligned}$$

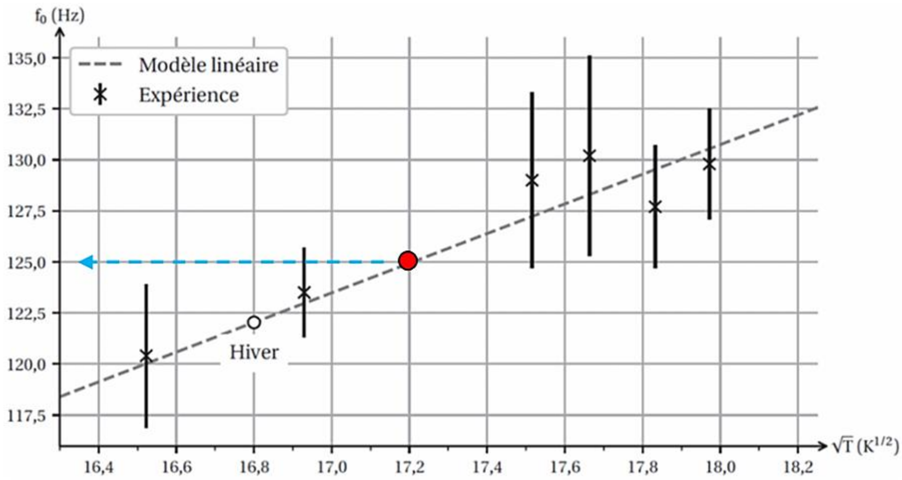
Q11. On utilise la relation énoncée dans le document 4 pour isoler θ : $R = 0{,}385 \times \theta + 100$ donc :

$$\theta = \frac{R - 100}{0{,}385} = \frac{115 - 100}{0{,}385} = 39{,}0\ \text{°C}$$

Q12. L'expression proposée $f_0 = 7{,}2 \times \sqrt{T}$ indiquer que f_0 est proportionnelle à $\sqrt{T}$: on obtient donc bien une fonction linéaire en plaçant $\sqrt{T}$ en abscisse et f_0 en ordonnée.

Q13. On vérifie que le modèle linéaire est toujours inclus dans les incertitudes types de chaque mesure. Le modèle correspond bien aux valeurs expérimentales.

Q14. On calcule T(été) = 23 + 273 = 296 K et donc $\sqrt{T} = \sqrt{296} = 17{,}2\ K^{\frac{1}{2}}$, d'où le tracé (point rouge) ci-dessous.



Q15. Par lecture graphique (flèche bleue) on lit : $f(\text{été}) = 125$ Hz. On observe bien que la fréquence de la note a augmenté entre l'hiver et l'été. (122,4 < 125). Le son produit l'été est plus aigu.

PARTIE C : numérisation d'une mélodie

Q16. Fréquence d'échantillonnage :

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{5{,}0 \times 10^{-6}} = 2{,}0 \times 10^5 \text{ Hz}$$

Q17. On vérifie le critère de Shannon : $f_e \geq 2 \times 20 \times 10^3 = 40 \times 10^3$ Hz : le critère est satisfait donc la fréquence d'échantillonnage est adaptée.

Q18. Le signal sera le plus fidèle pour le quantum le plus petit.

On utilise la relation fournie pour calculer q_1 et q_2 :

$$q_1 = \frac{\Delta U}{2^{N_1} - 1} = \frac{10}{2^{12} - 1} = 2{,}4 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$q_2 = \frac{\Delta U}{2^{N_2} - 1} = \frac{10}{2^{8} - 1} = 3{,}9 \times 10^{-2} \text{ V}$$

q1 < q2 , le CAN 1 est plus fidèle.

Q19. On applique la relation donnée pour le CAN 1 :

$$\text{Taille} = \frac{12 \times 61}{5{,}0.10^{-6}} = 1{,}46 \times 10^8 \text{ bits}$$

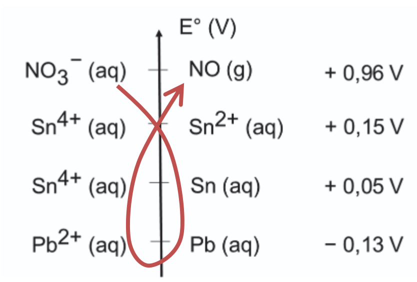
$$= \frac{1{,}46 \times 10^8}{8 \times 1024 \times 1024} = 17{,}4 \text{ Mio}$$

PARTIE D : Analyse de l'alliage constituant les tuyaux

Q20. Pour l'ion nitrate on a : $NO_3^- \ + 4\,H^+ + \ 3e^- = NO \ + \ 2\,H_2O$

Et pour l'étain : $Sn \ = \ Sn^{4+} + 4\,e^-$

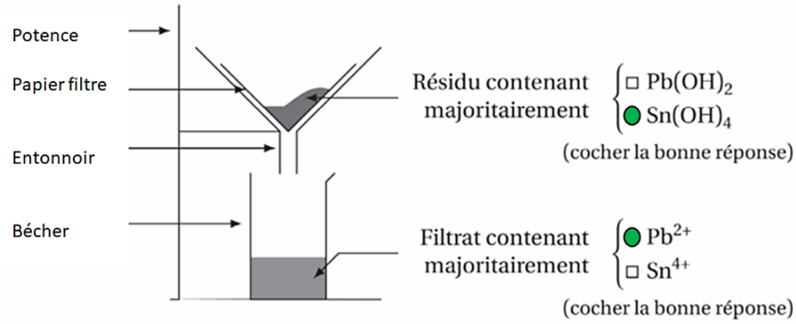
Q21. À l'aide de l'échelle des potentiels standards on remarque que le Pb est un meilleur réducteur que le Sn. Les ions nitrates peuvent donc réagir avec le plomb Pb pour former les ions Pb^{2+} : règle du gamma.



Q22. Équation de précipitation : $Sn^{4+}\,(aq)\ +\ 4\,HO^{-}(aq)\ \rightarrow\ Sn(OH)_4\,(s)$

Q23. Réponse : **intervalle b**. À pH=5 les ions plomb ne précipiteront pas encore et la totalité des ions étain auront précipité.

Q24.



Q25. Fonction amine et fonction carboxyle.

Q26. À l'équivalence, les réactifs titrant et titré ont été introduits en proportions stœchiométriques. Donc d'après les coefficients stœchiométriques de l'équation support du titrage on a :

$$\frac{n_{Pb2+}}{1} = \frac{n_{H_2Y^{2-}}}{1}$$
$$n_1 = C_2V_E$$

Q27. Application numérique :

$$n_1 = C_2V_E = 6{,}00 \times 10^{-3} \times 113 \times 10^{-3} = 6{,}78 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

Q28. D'après le résultat précédent, on a $6{,}78 \times 10^{-5}$ mol dans 40 mL.

Donc dans 400 mL on a :

$$n'(Pb^{2+}) = \frac{400}{40} \times 6{,}78 \times 10^{-5} = 6{,}78 \times 10^{-4}\ \text{mol}$$

D'après l'énoncé cette quantité correspond à la quantité de plomb présent dans les 300 g d'alliage. Cela représente une masse de plomb de :

$$m(Pb) = n(Pb) \times M = 6{,}78 \times 10^{-4} \times 207{,}2 = 0{,}140\ \text{g}$$

Q29. Le pourcentage massique vaut donc :

$$p = \frac{m(Pb)}{m(alliage)} = \frac{0{,}140}{0{,}300} = 0{,}47 = 47\ \%$$

L'alliage ne dépasse pas la consigne des 50 % en masse de plomb indiquée dans l'énoncé. L'alliage convient bien à la fabrication de tuyaux d'orgue.