Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac STL, veuillez visiter :
bacstl.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPECIALITÉ

SESSION 2025

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Sciences physiques et chimiques en laboratoire

Mercredi 18 juin 2025

Durée de l'épreuve **: 3 heures**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

L'annexe page 12 est à rendre avec la copie.

Étude d’un orgue ancien

Un orgue ancien n’a pas subi de restauration depuis au moins un siècle. Le temps passé et les variations climatiques sont susceptibles d’avoir une influence sur son fonctionnement, notamment la justesse et la sonorité.



Les quatre parties sont indépendantes.
L’ordre dans lequel elles sont traitées n’est pas imposé.

Parties	Titres	Mots-clés	Barème indicatif
A	Accordage de l’orgue	Ondes sonores Spectre du son, son pur, son complexe Fondamental, harmoniques	4
B	Mesure et effet de la température sur le son de l’orgue	Production d’ondes sonores Capteur Célérité d’une onde	6
C	Numérisation d’une mélodie	Caractéristiques d’un CAN Nombre de bits Fréquence d’échantillonnage Stockage sur un support numérique	4
D	Analyse de l’alliage de tuyaux anciens	Réactions d’oxydoréduction Précipitation sélective Titrage colorimétrique	6

PARTIE A – Accordage de l'orgue

Au cours du temps, un orgue peut se dérégler. Les sons émis ne correspondent plus aux bonnes notes : l'orgue est alors désaccordé. Il est alors nécessaire de réaliser un accordage. Pour cela, on compare une note jouée à l'orgue et la note de référence émise par un diapason. On règle la note de l'orgue jusqu'à ce qu'elle ait la même fréquence que celle du diapason.

Q1. Donner la condition nécessaire, lorsqu'un son est émis, pour qu'il puisse se propager.

Le document 1 présente l'enregistrement d'une note de l'orgue et d'une autre note jouée au diapason.

Document 1 – Enregistrements de notes jouées à l'orgue et au diapason

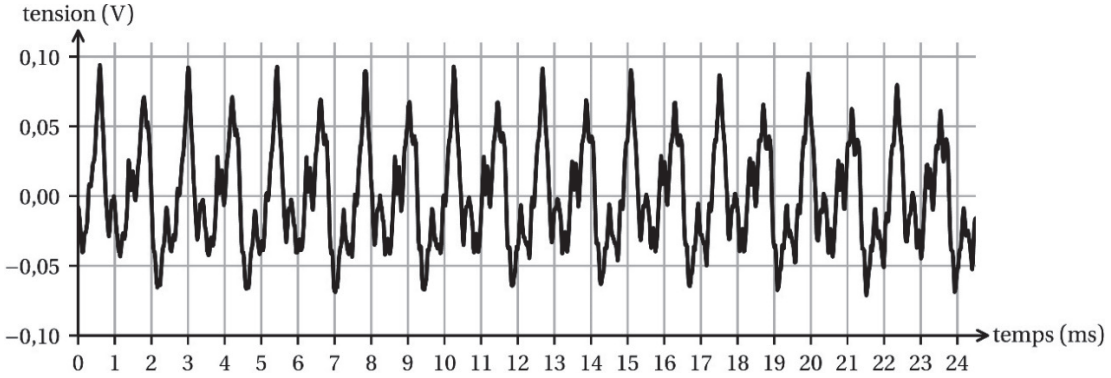


Figure 1 – Enregistrement d'une note jouée à l'orgue

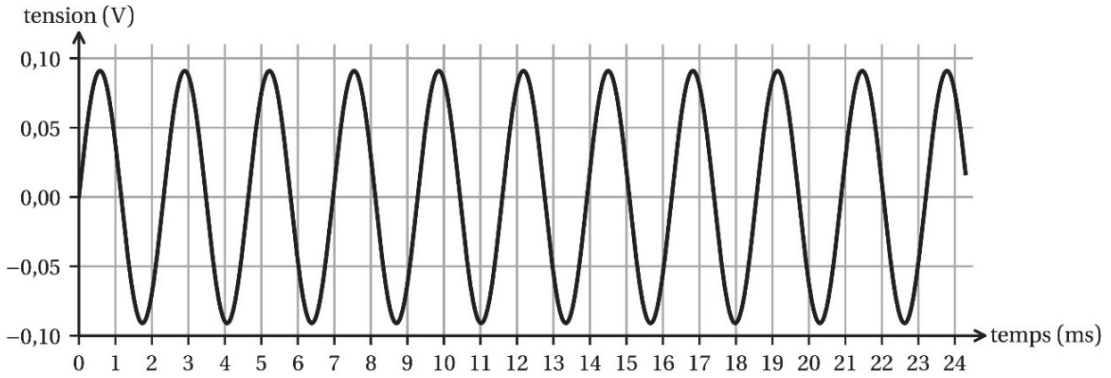


Figure 2 – Enregistrement d'une note jouée au diapason

Q2. Justifier que le signal sonore émis par l'orgue est un son complexe.

Q3. Montrer que la période de la note émise par le diapason vaut T = 2,33 ms, en expliquant la démarche permettant d'avoir la plus petite incertitude possible.

Cet orgue doit servir pour jouer des œuvres anciennes. Afin d'être le plus fidèle possible à l'œuvre originale, la note de référence doit être la même que celle utilisée à l'époque de la composition des morceaux. Un diapason différent est utilisé pour chaque année mentionnée :

Diapason	1	2	3	4	5
Année	1680	1774	1807	1829	1955
Fréquence de référence (Hz)	404	410	420	430	440

Q4. Déduire de la question précédente à quelle année de composition correspond le diapason du document 1.

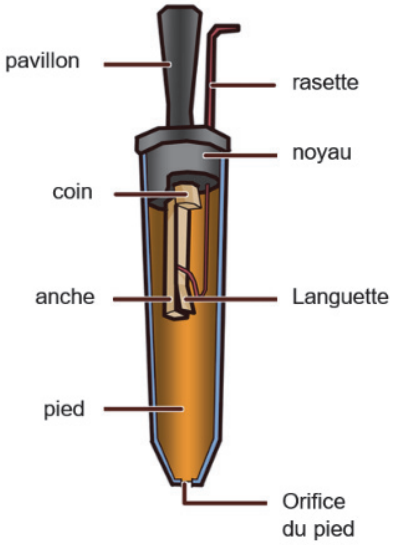
Le système qui permet d'accorder les tuyaux à anches est présenté dans le document 2.

Document 2 – Constitution d'un tuyau à anches

Pour produire un son, la languette est plaquée contre l'anche mais ne l'obstrue pas totalement. Cela permet à l'air de faire vibrer la languette et de produire le son.

La rasette permet d'accorder le tuyau :

- si on enfonce la rasette, cela diminue la longueur de la languette et rend le son plus aigu ;
- si on remonte la rasette, on augmente la longueur de la languette et rend le son plus grave.



https://aaok.fr/orgue-valentin-rinkenbach-de-kientzheim/technique

La fréquence de la note jouée par l'orgue vaut f = 417 Hz.

Q5. Expliquer la manipulation à réaliser sur la rasette pour que le tuyau d'orgue émette la même note que le diapason.

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

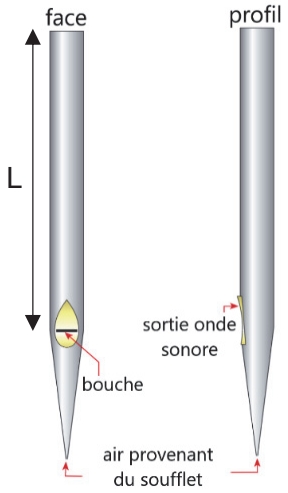
En plus des tuyaux à anches vus dans la partie A, un orgue est également constitué de tuyaux à bouche (document 3). On étudie l'influence de la température sur le son émis par ces tuyaux.

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.

D'après fr.wikipedia.org



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 :

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

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

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

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

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 cm.

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

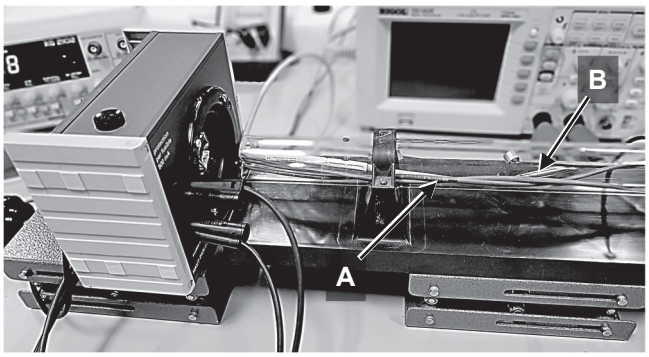
En effet, la dépendance de la célérité c_{son} (en $m \cdot s^{-1}$) du son dans l'air avec la température T (en K) peut être modélisée par la relation :

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

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 :

$R = 0{,}385 \times \theta + 100$ avec R la résistance (en Ω) et θ la température (en °C).

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

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 $K^{1/2}$). 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.

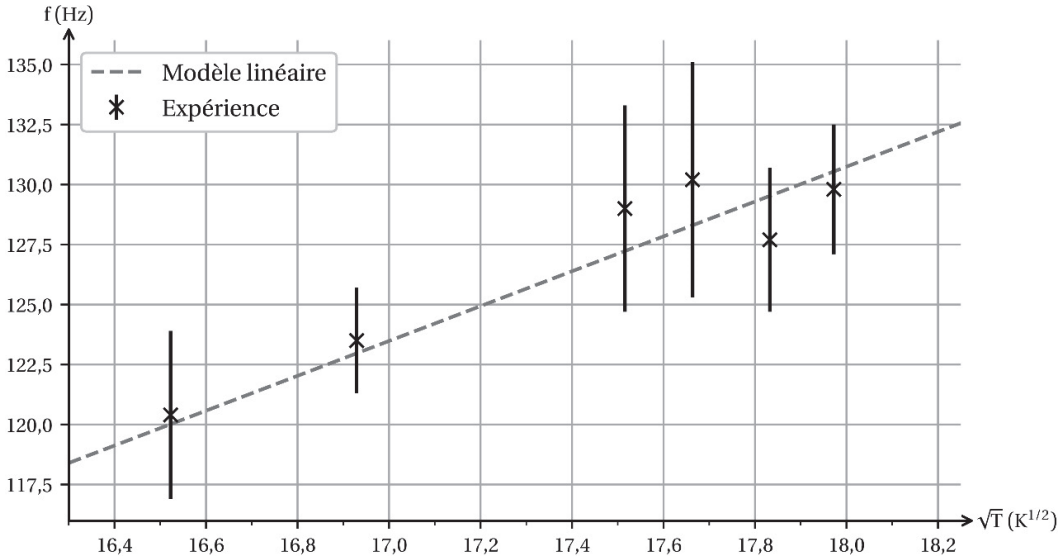


Figure 3 – Dépendance de la fréquence en température

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 (K) = θ (°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.

PARTIE C – Numérisation d'une mélodie

On souhaite effectuer des enregistrements sonores des notes de l'orgue. La numérisation est effectuée par un Convertisseur Analogique Numérique (CAN). Les informations numérisées seront stockées sur une clé USB.

Données : caractéristiques des deux CAN disponibles

	CAN 1	CAN 2
Nombre de bits N	12	8
Période d'échantillonnage : T_e (µs)	5,0	5,0
Plage de conversion : ΔU (V)	10	10

Q16. Calculer la valeur de la fréquence f_e d'échantillonnage des deux CAN.

Pour numériser un signal, la fréquence d'échantillonnage f_e doit vérifier le critère de Shannon :

$$f_e > 2 \times f_{max}$$

où f_{max} est la plus haute fréquence présente dans le signal analogique.

On souhaite numériser des sons audibles pour les êtres humains, c'est-à-dire de fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz.

Q17. Justifier que la valeur de la fréquence f_e d'échantillonnage des deux CAN est adaptée pour numériser ces sons.

Le quantum d'un CAN est donné par la relation suivante :

$$q = \frac{\Delta U}{2^N - 1}$$

q : quantum (V)
ΔU : plage de conversion (V)
N : nombre de bits

Q18. Parmi les deux CAN proposés, déterminer celui qui reproduira un signal numérique le plus fidèle au signal analogique.

La taille d'un fichier audio enregistré sur un seul canal, exprimée en bit, est donnée par la relation suivante :

$$\text{Taille} = \frac{N \times \Delta t}{T_e}$$

N : nombre de bits du CAN
Δt : durée d'enregistrement (s)
T_e : période d'échantillonnage (s)

Données :

- 1 octet = 8 bits ;
- 1 kio = 1024 octets ;
- 1 Mio = 1024 kio.

Le CAN retenu est utilisé pour numériser le signal d'une mélodie de 61 secondes.

Q19. Montrer qu'une clé USB possédant 50 Mio d'espace libre peut être utilisée pour stocker le fichier.

PARTIE D – Analyse de l'alliage constituant les tuyaux

L'alliage utilisé pour la conception des tuyaux d'orgue est uniquement constitué des éléments plomb Pb et étain Sn. Pour préserver ses qualités mécaniques, l'alliage ne doit pas dépasser 50 % en masse de plomb.

On cherche à déterminer le pourcentage en masse de plomb des tuyaux de l'orgue. Pour cela, un échantillon de l'alliage issu du tuyau est traité afin d'en extraire les ions plomb (II) Pb^{2+} par précipitation sélective. Leur masse est ensuite déterminée par titrage.

Première étape : dissolution de l'alliage

Le protocole de traitement de l'alliage est présenté dans le document 5.

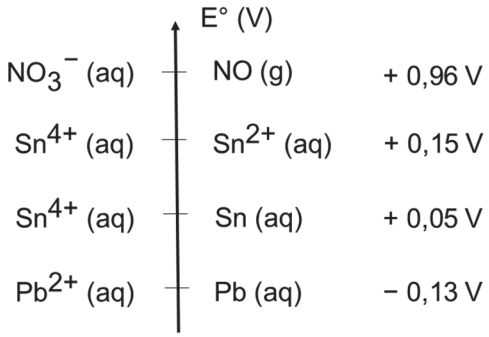
Document 5 – Protocole de traitement de l'alliage étain-plomb (Sn-Pb)
• Dans un erlenmeyer de 500 mL, introduire 0,300 g de l'alliage. • Sous hotte, ajouter 300 mL de solution d'acide nitrique $\left(H^+ (aq) ; NO_3^- (aq)\right)$ concentrée. • Sous hotte, porter le mélange à ébullition pendant 5 min puis laisser refroidir.

Lors de l'introduction de l'alliage étain-plomb dans l'acide nitrique $\left(H^+ (aq) + NO_3^- (aq)\right)$, il se produit une transformation de l'étain Sn, modélisée par la réaction d'oxydoréduction d'équation :

$$4\ NO_3^- (aq) + 3\ Sn (s) + 16\ H^+ (aq) \rightarrow 4\ NO (g) + 8\ H_2O (\ell) + 3\ Sn^{4+} (aq)$$

Q20. Écrire les équations de demi-réaction permettant d'aboutir à l'équation de réaction précédente.

Données : échelle des potentiels standards E° à 25 °C



Q21. Justifier à l'aide des données que les ions nitrate NO_3^- peuvent réagir aussi avec le plomb Pb pour donner l'ion Pb^{2+}.

Deuxième étape : précipitation sélective de l'hydroxyde d'étain

L'étape suivante consiste à séparer les éléments étain et plomb.

Les ions Sn^{4+} et Pb^{2+} précipitent en milieu basique avec les ions HO^- pour former respectivement l'hydroxyde d'étain $Sn(OH)_4$ (s) et l'hydroxyde de plomb $Pb(OH)_2$ (s).

Q22. Écrire l'équation de réaction modélisant la précipitation de l'hydroxyde d'étain $Sn(OH)_4$ (s).

La séparation est réalisée par précipitation sélective de l'hydroxyde d'étain $Sn(OH)_4$ (s).

Le pH initial de la solution issue de la première étape est égal à 0,2.

Dans les conditions de l'expérience, le précipité d'hydroxyde d'étain $Sn(OH)_4$ (s) se forme à partir d'un pH supérieur à 0,3 et celui d'hydroxyde de plomb $Pb(OH)_2$ (s) à partir d'un pH supérieur à 7,3.

Q23. Parmi les trois intervalles de pH suivants, indiquer, en justifiant, celui pour lequel la quasi-totalité des ions Sn^{4+} a précipité sans qu'il n'y ait de précipitation des ions Pb^{2+}.

Intervalle (a) $0,2 \leq pH \leq 5$	Intervalle (b) $2 \leq pH \leq 5$	Intervalle (c) $5 \leq pH \leq 8$

Le protocole utilisé pour la précipitation est donné ci-dessous.

Document 6 – Protocole de précipitation sélective

- Verser une solution d'hydroxyde de sodium dans le bécher contenant l'alliage, jusqu'à atteindre pH = 5.
- Filtrer la solution par gravité.
- Conserver le filtrat pour le dosage des ions Pb^{2+}.

Q24. Compléter, sur le **DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**, le schéma du dispositif de filtration en nommant le matériel et en précisant la nature des espèces chimiques majoritairement présentes dans le filtrat et le résidu.

À la suite de l'étape de précipitation sélective, on dispose d'un volume $V_0 = 400$ mL d'une solution notée S contenant des ions nitrate NO_3^- et tous les ions Pb^{2+} issus du morceau de tuyau traité initialement. Le pH de cette solution est maintenu à une valeur de 5.

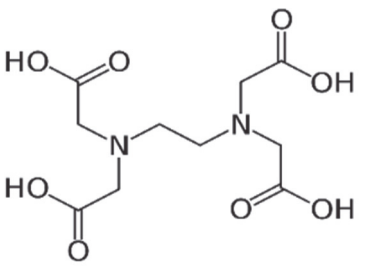
On titre cette solution en utilisant le protocole décrit au document 7.

Document 7 – Titrage des ions plomb (II) par l'EDTA

- Verser un volume $V_1 = 40,0$ mL de la solution S dans un erlenmeyer de 100 mL.
- Ajouter quelques gouttes d'une solution d'orange de xylénol, un indicateur coloré qui permet de repérer l'équivalence par changement de couleur.
- Titrer par une solution d'EDTA de concentration en quantité de matière $C_2 = 6,00 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}.

Document 8 – Réaction des ions plomb (II) avec l'EDTA

Les ions Pb^{2+} forment une espèce chimique stable avec l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA), qui est un tétra-acide de formule simplifiée H_4Y et dont la structure est donnée ci-contre.



À pH = 5, l'EDTA est sous la forme H_2Y^{2-} et réagit avec les ions plomb (II) Pb^{2+} selon l'équation :

$$Pb^{2+}\,(aq) + H_2Y^{2-}\,(aq) \rightarrow PbY^{2-}\,(aq) + 2\,H^+\,(aq)$$

La transformation chimique est supposée totale.

Q25. Nommer les deux fonctions chimiques présentes dans la molécule d'EDTA.

Le volume équivalent obtenu à l'issue du titrage vaut V_E = 11,3 mL.

Q26. À l'aide des documents 7 et 8, montrer que l'équation support du titrage permet d'établir que la quantité de matière titrée d'ions Pb^{2+} est $n_1 = C_2 \times V_E$.

Q27. En déduire la valeur de la quantité de matière n_1.

La quantité de matière d'ions plomb (II) Pb^{2+} dans le volume V_0 = 400 mL de solution S est égale à la quantité de matière de plomb Pb présent dans les 0,300 g de l'alliage traité.

Donnée : masse molaire atomique du plomb M(Pb) = 207,2 $g \cdot mol^{-1}$.

Q28. Montrer, à partir des résultats du titrage du volume V_1 = 40,0 mL de solution S, que la masse de plomb présente dans l'alliage vaut 140 mg.

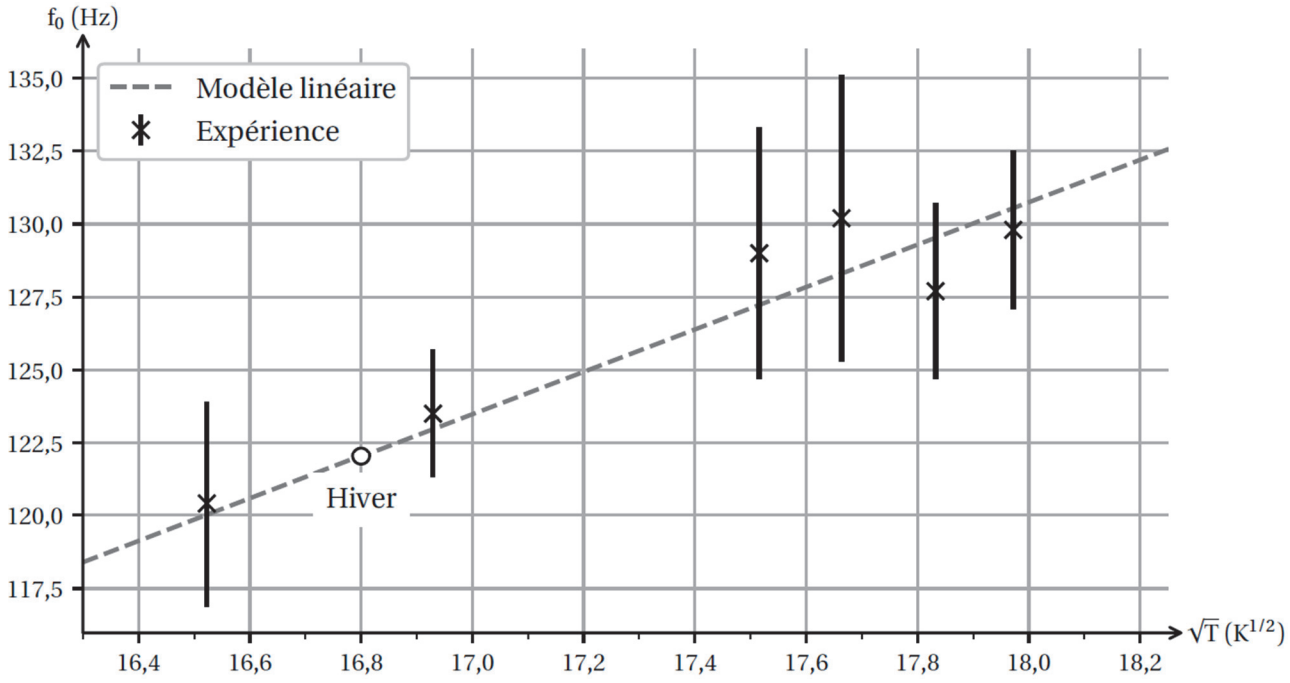
Q29. En déduire le pourcentage en masse de plomb dans le tuyau et vérifier que cet alliage convient à la fabrication de tuyaux d'orgue.

Page blanche laissée intentionnellement.

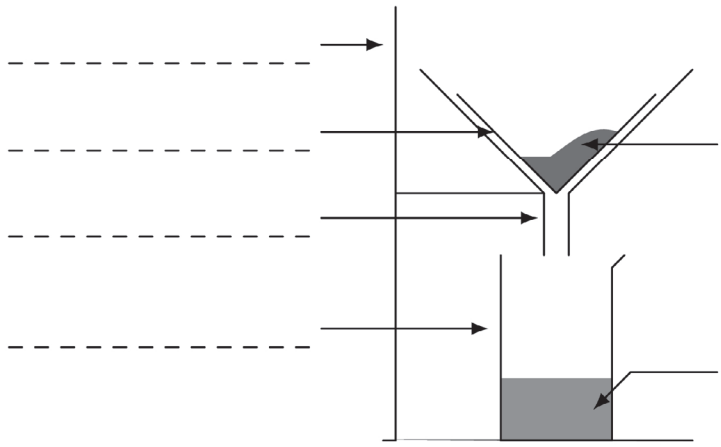
Ne rien inscrire dessus.

DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

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



Question **Q24** : schéma de la filtration



Résidu contenant majoritairement
- ☐ $Pb(OH)_2$
- ☐ $Sn(OH)_4$

(cocher la bonne réponse)

Filtrat contenant majoritairement
- ☐ Pb^{2+}
- ☐ Sn^{4+}

(cocher la bonne réponse)

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.