BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPECIALITÉ

SESSION 2026

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Sciences physiques et chimiques en laboratoire

Mercredi 17 juin 2026

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 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

Les annexes pages 9 et 10 sont à rendre avec la copie.

LE LAIT DE VACHE : DE LA TRAITE AU STOCKAGE

Le lait de vache est un aliment très consommé. Cependant, il peut s'altérer facilement et un contrôle régulier de sa qualité est nécessaire.

Dans ce sujet, nous étudierons quelques facteurs influençant les propriétés du lait et les méthodes employées pour son contrôle qualité et son stockage.

Le barème ci-dessous est donné à titre indicatif.

Partie	**Titre**	**Parties du programme abordées**	**Barème indicatif**
Partie A	Contrôle qualité du lait par titrage conductimétrique	• Conductimétrie • Titrage par précipitation	4 points
Partie B	Pré-refroidissement du lait	• Échangeurs thermiques en régime stationnaire	5 points
Partie C	Contrôle de la fraicheur du lait par titrage colorimétrique	• Stéréochimie • Titrage acide-base	6 points
Partie D	Échographie d'une mamelle	• Réflexion d'une onde acoustique • Échographie	5 points

PARTIE A – Contrôle qualité du lait par titrage conductimétrique (4 points)

Lorsqu'une lésion est détectée sur une mamelle de vache, un contrôle qualité du lait issu de la traite doit être effectué. En effet, en cas de mammite (inflammation d'une mamelle), le lait peut être contaminé par des bactéries et devenir impropre à la consommation.
Les mammites provoquent une élévation des concentrations en ions sodium Na^+ et chlorure $C\ell^-$ dans le lait. Le contrôle qualité du lait est réalisé en titrant par conductimétrie les ions chlorure $C\ell^-$ présents.

Les ions chlorure présents dans le lait sont titrés par une solution aqueuse de nitrate d'argent $(Ag^+(aq)\,;NO_3^-(aq))$ de concentration en quantité de matière $C_2 = 1{,}0 \times 10^{-1}\ mol \cdot L^{-1}$.
Un volume $V_1 = 20{,}0\ mL$ du lait de la vache est introduit dans un bécher et un volume de $250\ mL$ d'eau distillée est ajouté.
Une cellule conductimétrique est immergée dans ce bécher et la conductivité de la solution est relevée après chaque ajout de solution titrante.
Au cours de ce titrage, il se forme un précipité de chlorure d'argent $AgC\ell(s)$.

Q1. Compléter, sur le **DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**, la légende du dispositif expérimental utilisé.

Le suivi conductimétrique du titrage permet d'obtenir la courbe d'évolution de la conductivité σ du milieu réactionnel en fonction du volume V_2 de la solution de nitrate d'argent versé (**DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**).

Q2. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

Q3. Déterminer graphiquement le volume V_E de solution titrante versée à l'équivalence en complétant le **DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Donnée :

- masse molaire des ions chlorure : $M(C\ell^-) = 35{,}5\ g \cdot mol^{-1}$.

La concentration en masse d'ions chlorure dans le lait analysé est donnée par la relation suivante :

$$C_{m,C\ell^-} = \frac{C_2 \times V_E \times M(C\ell^-)}{V_1}$$

Q4. Calculer la valeur de la concentration en masse d'ions chlorure $C_{m,C\ell^-}$ dans le lait analysé.

On réalise, dans les mêmes conditions (même matériel et même protocole), d'autres mesures compatibles de la grandeur $C_{m,C\ell^-}$. Pour 8 mesures, on obtient les résultats suivants :

- valeur moyenne de la concentration en masse en ions chlorure : $\bar{C}_{m,C\ell^-} = 1{,}02\ g \cdot L^{-1}$;
- écart-type expérimental : $\sigma_{N-1} = 0{,}09\ g \cdot L^{-1}$.

Document 1 – Incertitude-type de type A issue d'une série de *N* mesures compatibles	
$u(X) = \frac{\sigma_{N-1}}{\sqrt{N}}$	$u(X)$: incertitude-type de la grandeur X σ_{N-1} : écart-type expérimental N : nombre de mesures compatibles

Dans le cas de laits provenant de vaches atteintes de mammite, la valeur de la concentration en masse d'ions chlorure est supérieure à $1{,}4\ g \cdot L^{-1}$.

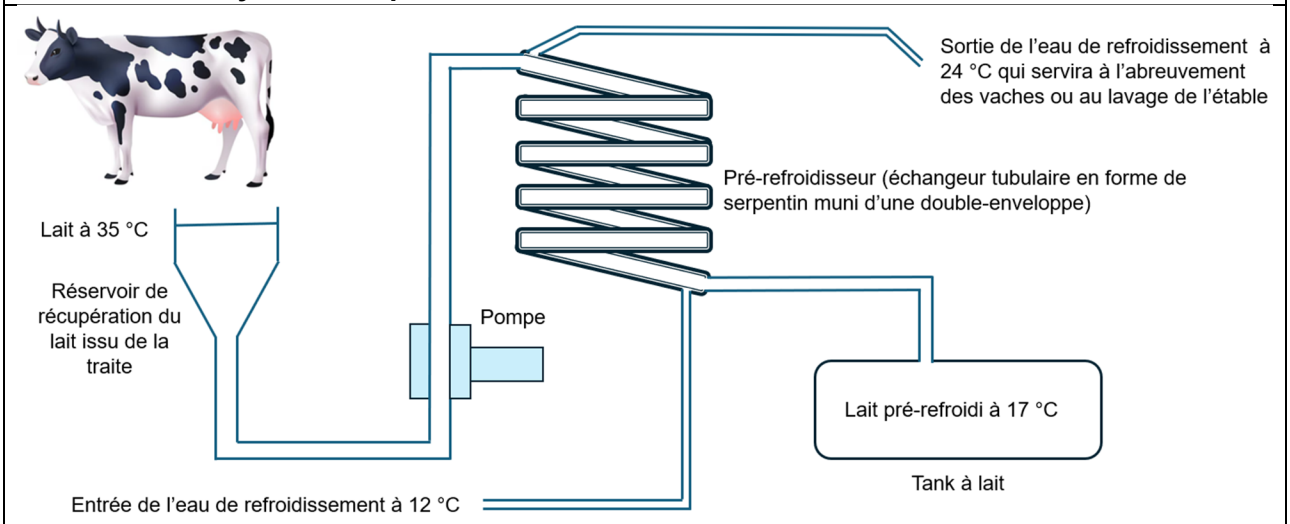
Q5. En déduire, en tenant compte des incertitudes, si le lait est impropre à la consommation.
Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

PARTIE B – Pré-refroidissement du lait (5 points)

Pré-refroidissement du lait issu de la traite

À l'issue de la traite des vaches de l'exploitation laitière, le lait est à la température de $35\ °C$. Celui-ci doit donc être refroidi avant d'être versé dans le tank à lait (réservoir qui sert au stockage). Cette opération de refroidissement est réalisée à l'aide d'un échangeur thermique appelé « pré-refroidisseur ».

Document 2 – Système de pré-refroidissement du lait issu de la traite des vaches



Document auteur

Q6. Préciser si le fonctionnement du pré-refroidisseur est à contre-courant ou à co-courant, en s'appuyant sur le sens de circulation des fluides dans le **document 2**.

Données :

- volume de lait obtenu pendant 20 minutes de traite : $V_{\text{lait}} = 410\ \text{L}$;
- masse volumique du lait : $\rho_{\text{lait}} = 1{,}03\ \text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$;
- capacité thermique massique du lait : $c_{\text{lait}} = 3{,}97 \times 10^3\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- volume d'eau de refroidissement mis en jeu pour traiter $410\ \text{L}$ de lait : $V_{\text{eau}} = 615\ \text{L}$;
- masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$;
- capacité thermique massique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4{,}18 \times 10^3\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

On rappelle que l'énergie reçue par une masse m_{liq} d'un liquide lors d'une variation de température $\Delta\theta$ est donnée par la relation suivante :

$$Q_{\text{liq}} = m_{\text{liq}} \times c_{\text{liq}} \times \Delta\theta$$

Q7. Montrer que l'énergie thermique nécessaire pour refroidir le lait issu de la traite, de 35 °C à 17 °C, est égale en valeur absolue à $|Q_{\text{lait}}| = 3{,}0 \times 10^7\ \text{J}$.

On suppose que les pertes d'énergie dans le système de pré-refroidissement peuvent être négligées. On considèrera alors : $|Q_{\text{eau}}| = |Q_{\text{lait}}|$.

Q8. Calculer l'élévation de température de l'eau de refroidissement et vérifier qu'elle est en concordance avec les informations du **document 2**.

Dimensionnement du pré-refroidisseur

Le pré-refroidisseur est composé de tubes échangeurs appelés modules. Dans cette sous-partie, le fermier cherche à dimensionner ce pré-refroidisseur en déterminant le nombre de modules nécessaire pour s'équiper.

Document 3 – Documentation technique du pré-refroidisseur

Le serpentin, de type tubulaire concentrique, constitué de PVC et d'inox permet une circulation de l'eau de refroidissement en tout point de l'appareil, favorisant ainsi les échanges thermiques.

Données techniques :

- coefficient global d'échange : $K = 400\ \mathrm{W{\cdot}m^{-2} \cdot K^{-1}}$;
- écart moyen de température entre les deux fluides : $\Delta\theta = 7{,}6\ \mathrm{K}$.

Le système est vendu par module (1) permettant d'adapter la surface d'échanges thermiques selon les besoins de chaque exploitation laitière.
Pour un module, la longueur du tube est de $28\ \mathrm{m}$, le diamètre intérieur du tube est de $32\ \mathrm{mm}$ et le diamètre extérieur du tube est de $48\ \mathrm{mm}$.

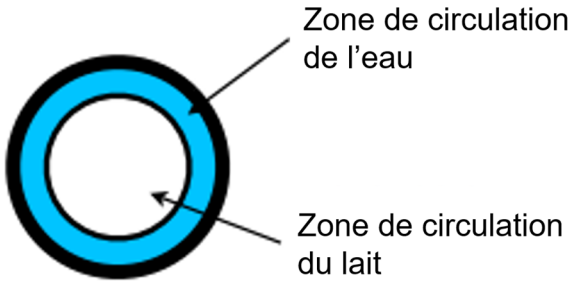


Schéma d'une coupe du tuyau du module

D'après fermequip.fr

Donnée : aire de la surface du tube intérieur pour un module de diamètre D et de longueur L : $S_{\mathrm{module}} = \pi \times D \times L$.

Q9. Déterminer l'aire de la surface d'échange d'un module, notée S_{module}, entre le lait et l'eau.

Document 4 – Flux thermique échangé à travers un échangeur thermique

En régime stationnaire, le flux thermique échangé entre deux fluides (sans changement d'état) est donné par la relation suivante :

$$\Phi = K \times S \times \Delta\theta$$

- Φ : flux thermique (en W) ;
- S : surface d'échange entre les deux fluides (en $\mathrm{m^2}$) ;
- K : coefficient global d'échange thermique de l'échangeur (en $\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}$) ;
- $\Delta\theta$: écart moyen de température entre les deux fluides dans l'échangeur (en K).

Le flux thermique Φ échangé entre le lait et l'eau dans le refroidisseur pendant une durée Δt est donné par la relation suivante : $\phi = \left|\frac{Q_{\mathrm{lait}}}{\Delta t}\right|$ avec $|Q_{\mathrm{lait}}| = 3{,}0 \times 10^7\ \mathrm{J}$.

Q10. Montrer que l'aire de la surface d'échange S dans le pré-refroidisseur afin de traiter 410 litres de lait en 20 minutes est égale à $S = 8{,}2\ \mathrm{m^2}$.

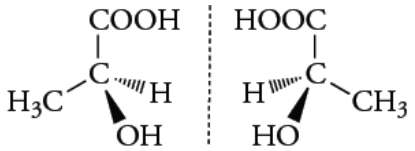
Q11. Déduire des deux questions précédentes, en justifiant, le nombre de modules nécessaires pour l'installation laitière étudiée.

PARTIE C – Contrôle de la fraîcheur du lait par titrage colorimétrique (6 points)

Pour vérifier la fraîcheur du lait dans le tank de la partie B, il est nécessaire de contrôler la concentration en acide lactique.

Étude de l'acide lactique

Les deux représentations de Cram des deux stéréoisomères de l'acide lactique sont :



Q12. Sur le **DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE,** entourer et nommer les groupes fonctionnels de l'acide lactique.

Q13. Nommer la relation qui existe entre ces deux stéréoisomères.

Titrage de l'acide lactique

On titre l'acide lactique, noté HA, considéré comme l'acide majoritairement présent dans le lait étudié, par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $\left(\mathrm{Na^+(aq)}\,;\,\mathrm{HO^-(aq)}\right)$ de concentration en quantité de matière $C_\mathrm{B} = 0{,}25\ \mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}$.
Pour cela, on prélève un volume $V_\mathrm{A} = 50{,}0\ \mathrm{mL}$ de lait que l'on place dans un bécher où est plongée une sonde de p*H*. Les coordonnées du point équivalent sont $V_\mathrm{E} = 9{,}40\ \mathrm{mL}$ et $\mathrm{p}H_\mathrm{E} = 8{,}2$.
L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :

$$\mathrm{HA(aq)} + \mathrm{HO^-(aq)} \rightarrow \mathrm{A^-(aq)} + \mathrm{H_2O}(\ell)$$

Données à 25 ° C :

- produit ionique de l'eau : $K_\mathrm{e} = 1{,}00\times10^{-14}$;
- constante d'acidité du couple $\mathrm{HA(aq)/A^-(aq)}$: $K_\mathrm{a} = 1{,}26\times10^{-4}$;
- réaction chimique considérée comme totale si $K \geq 10^4$.

Q14. Nommer la verrerie appropriée pour prélever le volume V_A.

Q15. Exprimer la constante d'équilibre K de la réaction chimique en fonction de K_a et K_e, puis montrer que celle-ci est égale à $1{,}26\times10^{10}$.

Q16. En déduire que la transformation chimique peut être considérée comme totale.

Document 5 – Zones de virage de quelques indicateurs colorés de p*H*

Nom de l'indicateur	Couleur de la forme acide	Intervalle de p*H* de la zone de virage	Couleur de la forme basique
Vert de bromocrésol	jaune	3,8 - 5,4	bleu
Bleu de bromothymol	jaune	6,0 - 7,6	bleu
Rouge de crésol	jaune	7,2 - 8,8	rouge

Q17. Choisir l'indicateur coloré de fin de réaction le plus adapté à ce titrage. Justifier.

Q18. À l'aide du titrage, déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière en acide lactique du lait analysé.

La concentration en masse d'acide lactique dans un lait frais ne doit pas dépasser $1{,}8\ \mathrm{g\cdot L^{-1}}$.

Donnée : masse molaire moléculaire de l'acide lactique : $M(\mathrm{HA}) = 90\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$.

Q19. Vérifier si le lait analysé est frais.

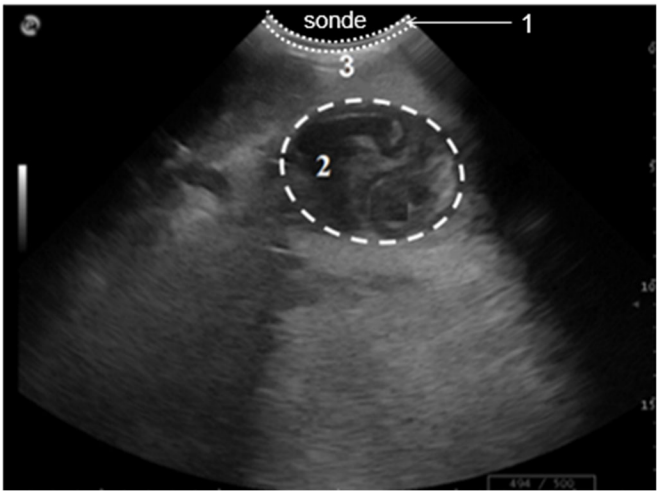
PARTIE D – Échographie d'une mamelle (5 points)

Dans un élevage laitier, une vache présente des signes de mammite (infection de la mamelle). Le vétérinaire réalise une échographie afin de diagnostiquer un éventuel abcès.

L'échographie utilise des ultrasons qui se propagent dans les tissus de la mamelle avec une célérité notée v. On considère que la vitesse des ondes ultrasonores est identique dans tous les tissus.

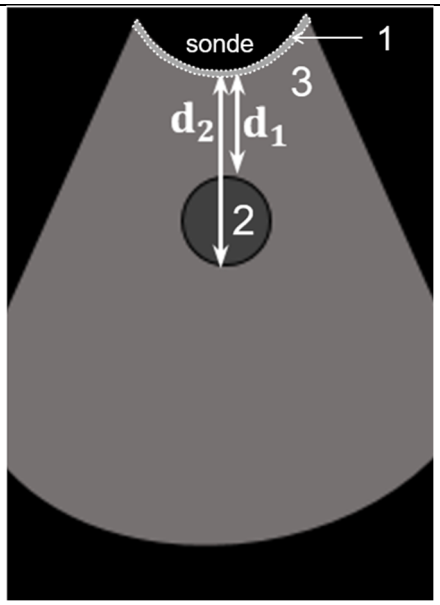
Les ondes ultrasonores sont partiellement réfléchies aux interfaces entre deux milieux différents. Un abcès rempli de liquide apparaît généralement sous forme d'une zone sombre sur l'image échographique.

Document 6 - Échographie d'une mamelle de vache présentant une mammite



D'après envt.fr (école nationale vétérinaire de Toulouse)

(1) : tissu fibreux ;
(2) : abcès ;
(3) : tissu mamaire.



Modélisation de l'échographie

Propagation des ultrasons

Afin d'adapter le traitement, le vétérinaire a besoin de connaitre le diamètre D de l'abcès.

Document 7 – Tailles typiques d'un abcès mammaire chez la vache

Petit abcès	Moyen à gros abcès	Abcès très important
Diamètre de 2 à 5 cm	Diamètre de 5 à 10 cm	Diamètre de plus de 10 cm
Ne nécessite pas de drainage		Nécessite un drainage

Données :

- fréquence de l'onde ultrasonore qui se propage dans les tissus de la mamelle : $f = 3{,}5$ MHz ;
- célérité de l'onde ultrasonore : $v = 1540\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$;
- distance entre la sonde et la partie supérieure de l'abcès : $d_1 = 2{,}0$ cm.

Q20. Vérifier que l'onde utilisée pour réaliser l'échographie appartient au domaine des ultrasons.

Q21. Sur le **DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE,** représenter le parcours de l'onde ultrasonore entre son émission par la sonde et sa réception après réflexion sur la partie inférieure de l'abcès.

L'onde ultrasonore se réfléchissant sur l'interface située à une profondeur d_2 est détectée au bout d'une durée $\Delta t_2 = 58\ \mu s$ après l'émission.

Q22. Montrer que la distance entre la sonde et la partie inférieure de l'abcès, notée d_2, est égale à $4{,}5\ \mathrm{cm}$.

Q23. Déterminer le diamètre de l'abcès, noté D, puis conclure à l'aide du **document 7** sur la nécessité ou non d'un drainage.

La résolution correspond au détail le plus petit que l'on puisse observer.
En échographie, cette résolution est égale à la longueur d'onde de l'onde ultrasonore utilisée.

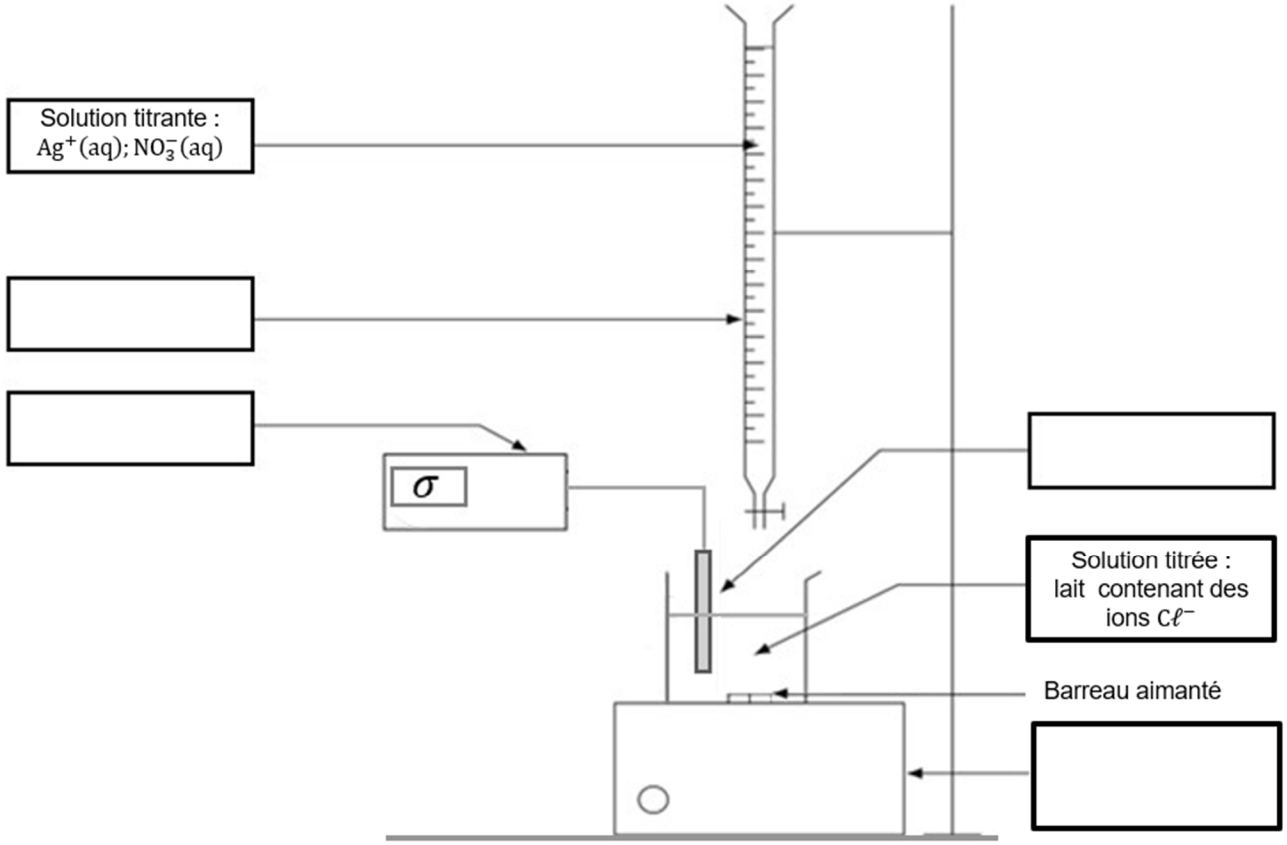
Q24. Exprimer puis calculer la longueur d'onde λ de l'onde ultrasonore utilisée.

Q25. En déduire si la longueur d'onde de l'onde ultrasonore utilisée est adaptée à la détection de cet abcès.

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

PARTIE A - Contrôle qualité du lait par titrage conductimétrique

Q1 :



Q3 :

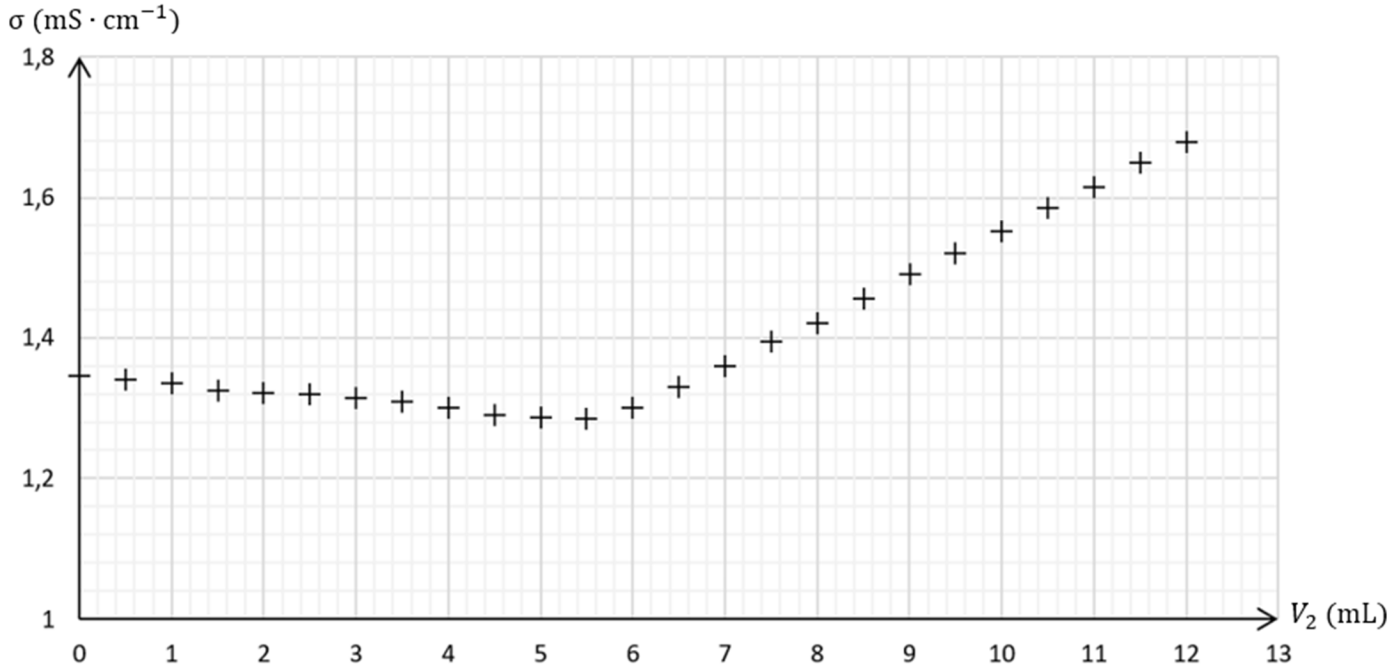


Figure 1. Courbe d'évolution de la conductivité σ du milieu réactionnel en fonction du volume V_2 de la solution aqueuse titrante de nitrate d'argent versé

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.)

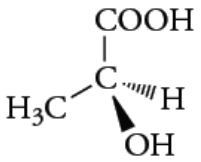
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

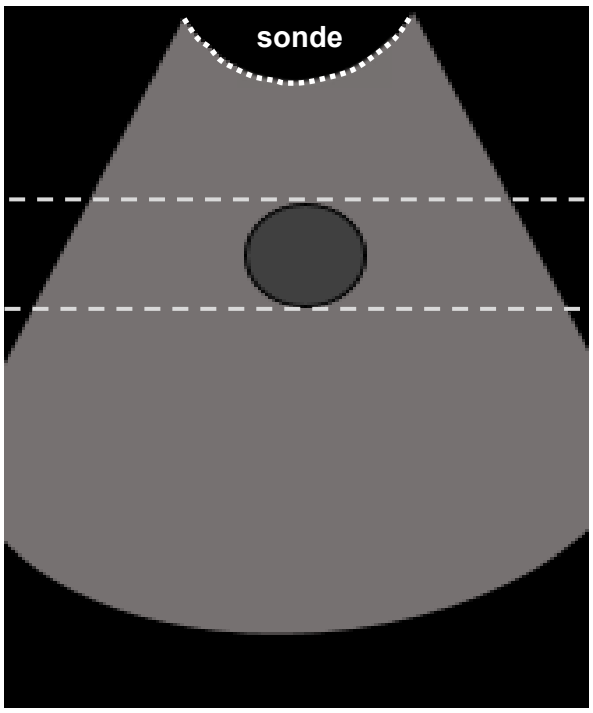
PARTIE C – Contrôle de la fraicheur du lait par titrage de l'acide lactique

Q12 :



PARTIE D – Échographie d'une mamelle

Q21 :



Partie supérieure

Partie inférieure

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