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 SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Sciences physiques et chimiques en laboratoire

Jeudi 20 juin 2024

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 document vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce document comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

Les pages 13 et 14 sont à rendre avec la copie.

Le candidat traite obligatoirement les 4 parties proposées dans l'ordre de son choix.

Fabrication de savons artisanaux

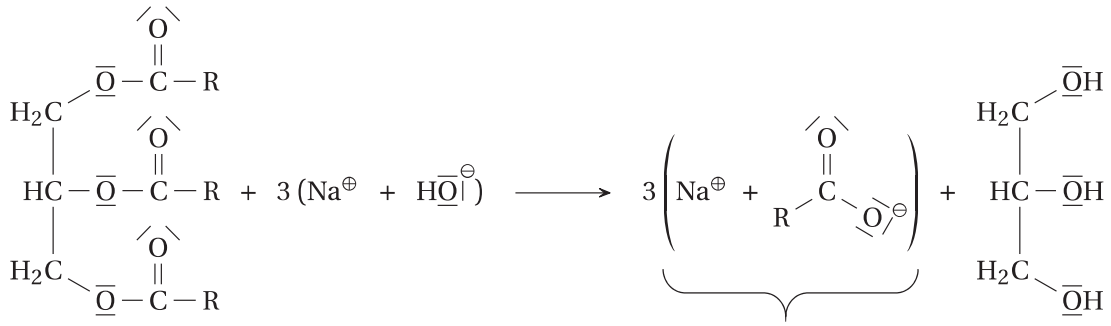
Ce sujet, composé de 4 parties indépendantes, aborde les différentes étapes de la fabrication de savons artisanaux.

PARTIE	Titres	Repères	Barème
Partie A	Étude de la transformation de saponification	Synthèses chimiques Mécanismes réactionnels	4 points
Partie B	Contrôle qualité des réactifs de la transformation de saponification	Solubilité Conductivité	8 points
Partie C	Préparation de la pâte de savon et moulage	Échangeurs, chaudières et transferts thermiques Ondes mécaniques et électromagnétiques	4 points
Partie D	Contrôle du remplissage du moule	Ondes mécaniques et électromagnétiques Analyse et contrôle des flux d'informations	4 points

PARTIE A - Étude de la transformation de saponification

Sous l'action d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium concentrée, appelée « lessive de soude », les triesters contenus dans l'huile végétale se fragmentent : il se forme des ions carboxylate (qui permettront l'obtention du savon) et du glycérol.
Cette transformation s'appelle une saponification.

Document 1 : équation de la réaction de saponification



A.1. Entourer, sur le **DOCUMENT-RÉPONSE à rendre avec la copie**, les groupes caractéristiques des molécules de triester et de glycérol et nommer les fonctions chimiques correspondantes.

Le mécanisme réactionnel de la saponification est donné dans le **DOCUMENT-RÉPONSE à rendre avec la copie.**

A.2. Identifier le nom du type de réaction (addition, substitution, élimination, acide/base) correspondant à l'étape n°1 du mécanisme réactionnel.

A.3. Compléter les étapes n°1 et n°2 du mécanisme réactionnel en ajoutant les flèches courbes modélisant le déplacement des doublets d'électrons sur le **DOCUMENT-RÉPONSE à rendre avec la copie**.

On réalise une saponification avec une masse $m_1 = 100{,}0\ g$ du triester et un excès d'hydroxyde de sodium en solution aqueuse.

Données :
– masse molaire du triester : $M_1 = 884\ g \cdot mol^{-1}$;
– masse molaire du savon : $M_2 = 304\ g \cdot mol^{-1}$.

A.4. Calculer la valeur de la quantité de matière n_1 du triester introduit dans le mélange réactionnel.

On suppose que la transformation chimique de saponification est totale.

A.5. En déduire que la quantité de matière maximale de savon formé vaut $n_{max} = 0{,}339\ mol$.

A.6. À la fin de la transformation, on obtient une masse $m_2 = 76{,}4\ g$ de savon. Calculer la valeur du rendement de la synthèse.

PARTIE B - Contrôle qualité des réactifs de la transformation de saponification

La « lessive de soude » est une solution aqueuse très concentrée d'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq) + HO^-(aq)$) préparée à partir d'un solide blanc d'hydroxyde de sodium.

Document 2 : danger de l'hydroxyde de sodium

Extrait de la FDS de l'hydroxyde de sodium ($NaOH$) :



Danger : H314 - Provoque de graves brûlures de la peau et de graves lésions des yeux.

La gravité des lésions dépend de la quantité appliquée, de la concentration de la solution et du temps de contact.

Préparation de la solution aqueuse de « lessive de soude »

B.1. En exploitant le document 2, nommer les équipements de protection individuelle nécessaires pour manipuler une « lessive de soude » en toute sécurité.

B.2. L'équation qui modélise la dissolution de l'hydroxyde de sodium dans l'eau est :

$$NaOH(s) \rightleftarrows Na^+(aq) + HO^-(aq)$$

Donner l'expression du produit de solubilité K_S associé à cette équation de dissolution.

B.3. Sachant que le produit de solubilité de l'hydroxyde de sodium $NaOH(s)$ est $K_S = 742{,}6$ à 20 °C, exprimer sa solubilité s en fonction de K_S puis calculer sa valeur.

Contrôle qualité de la solution

On dispose d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium « lessive de soude » S_0 dont on souhaite vérifier la concentration en quantité de matière d'hydroxyde de sodium C_0. On dilue 25 fois la solution S_0 pour obtenir la solution S_B que l'on dose par titrage.

B.4. On souhaite préparer un volume de $500{,}0\ mL$ de la solution S_B. La verrerie à disposition est la suivante :

- pipettes jaugées de $5{,}0\ mL$, $10{,}0\ mL$ et $20{,}0\ mL$;
- fioles jaugées de $100{,}0\ mL$, $200{,}0\ mL$ et $500{,}0\ mL$.

Choisir, en justifiant, les deux instruments de verrerie permettant de préparer la solution S_B.

On réalise un titrage conductimétrique d'un volume $V_B = 20{,}0\ mL$ de solution S_B par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique S_A ($H_3O^+(aq) + C\ell^-(aq)$) de concentration en quantité de matière $C_A = 5{,}00 \times 10^{-1}\ mol \cdot L^{-1}$. La courbe de suivi conductimétrique est représentée sur **le DOCUMENT-RÉPONSE à rendre avec la copie.**

L'équation de la réaction support du titrage est :

$$H_3O^+(aq) + HO^-(aq) \longrightarrow 2\,H_2O\,(\ell)$$

B.5. Compléter les légendes numérotées de 1 à 4 sur le schéma du dispositif de titrage conductimétrique sur **le DOCUMENT-RÉPONSE à rendre avec la copie.**

B.6. Définir l'équivalence d'un titrage.

Données :

- conductivités molaires ioniques à 25 °C :

Ion	Na^+	$C\ell^-$	HO^-	H_3O^+
$\lambda°$ (en $mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$)	5,01	7,63	19,9	35,0

- la conductivité σ d'une solution s'exprime à partir de la loi de Kohlrausch :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i^\circ \times [X_i]$$

où $[X_i]$ désigne la concentration en quantité de matière d'une espèce chimique ionique X_i et λ_i° la conductivité molaire ionique de cette espèce.

B.7. Interpréter le changement de pente observé sur la courbe de suivi conductimétrique fournie dans **le DOCUMENT-RÉPONSE à rendre avec la copie** en s'appuyant sur les données.

B.8. Déterminer la valeur V_E du volume versé à l'équivalence du titrage, à l'aide d'une construction graphique sur **le DOCUMENT-RÉPONSE à rendre avec la copie**.

B.9. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière d'hydroxyde de sodium de la solution S_0.

Ce titrage a été réalisé 9 fois. Les 9 mesures ont donné les résultats suivants :
- valeur moyenne de la concentration : $\overline{C_0} = 8{,}73\ mol \cdot L^{-1}$;
- valeur de l'écart-type expérimental : $\sigma_{n-1} = 0{,}094\ mol \cdot L^{-1}$.

Document 3 : compatibilité du résultat d'une mesure avec une valeur de référence

– Calcul d'une incertitude-type $u(\overline{X})$ sur la moyenne $\overline{X}$ d'une série de mesure :

$$u(\overline{X}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{N}}$$

où σ_{n-1} est l'écart-type expérimental et N le nombre de valeurs mesurées.

– Calcul de l'écart normalisé : $z = \frac{|\overline{X} - X_{référence}|}{u(\overline{X})}$

Lorsque $z < 2$, on considère que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence.

Lorsque $z \geq 2$, on considère que le résultat de la mesure n'est pas compatible avec la valeur de référence.

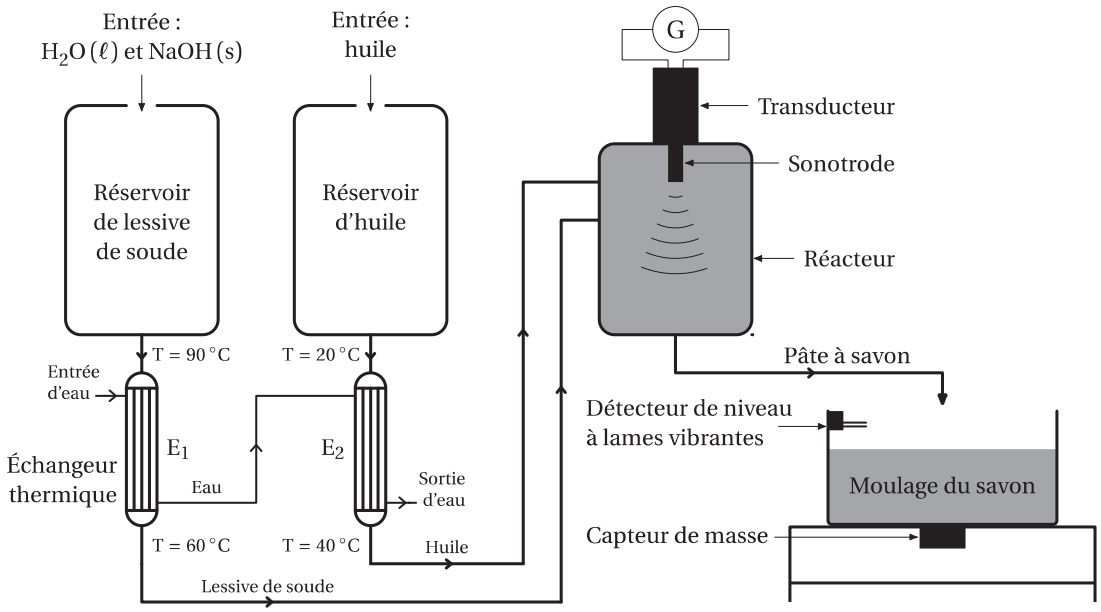
B.10. Déterminer la valeur de l'incertitude-type $u(\overline{C_0})$ sur la concentration en quantité de matière d'hydroxyde de sodium C_0 de la solution S_0.

B.11. En déduire si la valeur de $\overline{C_0}$ est compatible avec la valeur de référence, qui vaut $8{,}75\ mol \cdot L^{-1}$. Conclure sur la qualité de la « lessive de soude ».

PARTIE C - Préparation de la pâte à savon et moulage

On s'intéresse à une installation industrielle de fabrication du savon. Le dispositif est schématisé dans le document 4.
La transformation de saponification entre les huiles et la « lessive de soude » est effectuée dans un réacteur, dans lequel une sonotrode génère des ondes ultrasonores.

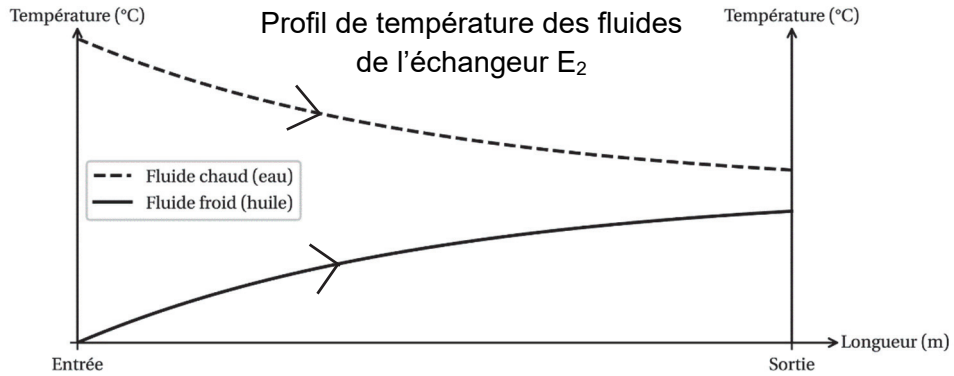
Document 4 : schéma du montage utilisé pour la fabrication de la pâte à savon



Contrôle de la température des réactifs

La lessive de soude et l'huile ont des températures initiales très différentes. Deux échangeurs thermiques permettent de diminuer cet écart avant introduction dans le réacteur. Un circuit d'eau unique permet de refroidir la « lessive de soude » dans l'échangeur E_1 puis de réchauffer l'huile dans l'échangeur E_2. La caractéristique de l'échangeur E_2 est donnée dans le document 5.

Document 5 : caractéristique de l'échangeur E_2



Puissance thermique transférée dans l'échangeur : $P_2 = U \times S \times \Delta\theta_{m2}$, où :

- $\Delta\theta_{m2} = 19\ °C$ est l'écart de température moyen entre les deux fluides ;
- $S = 1{,}0\ m^2$ est la surface d'échange ;
- $U = 1200\ W \cdot m^{-2} \cdot °C^{-1}$ est le coefficient global d'échange.

D'après https://energie.wallonie.be/fr/differents-types-d-echangeurs-de-chaleurs.html?IDC=8049&IDD=97759

C.1. Indiquer si l'échangeur thermique E_2 fonctionne à co-courant ou à contre-courant, en justifiant la réponse.

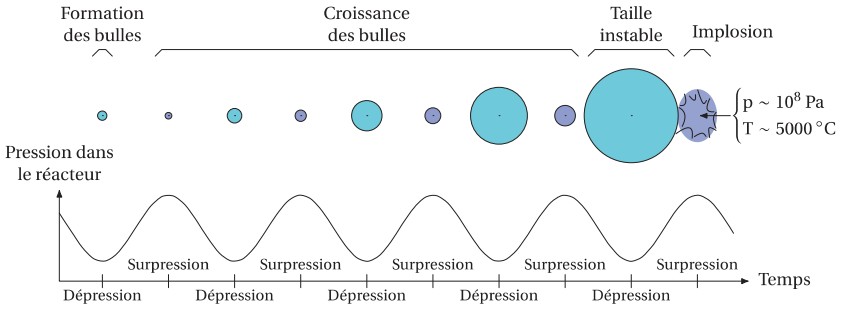
La puissance transférée dans l'échangeur E_1 vaut $P_1 = 28\ kW$. On note P_2 la puissance transférée dans l'échangeur E_2. Pour envisager un circuit d'eau unique, il faut que $P_1 < P_2$.

C.2. Calculer la valeur de la puissance P_2 et conclure.

Transformation chimique au sein du réacteur

Document 6 : formation et évolution d'une bulle soumise aux ultrasons

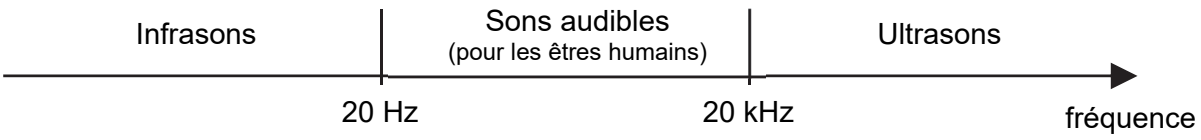
La sonotrode génère des ondes ultrasonores qui se propagent dans le milieu réactionnel. Le phénomène de cavitation acoustique se produit : il y a formation, croissance et implosion de bulles de gaz dans le milieu. La brusque implosion de ces bulles de gaz de quelques micromètres de diamètre est accompagnée d'effets locaux très intenses, notamment l'augmentation de la température.



D'après : https://www.rhizomex.com/rhizomex-veut-valoriser-les-plantes-invasives-2-2/

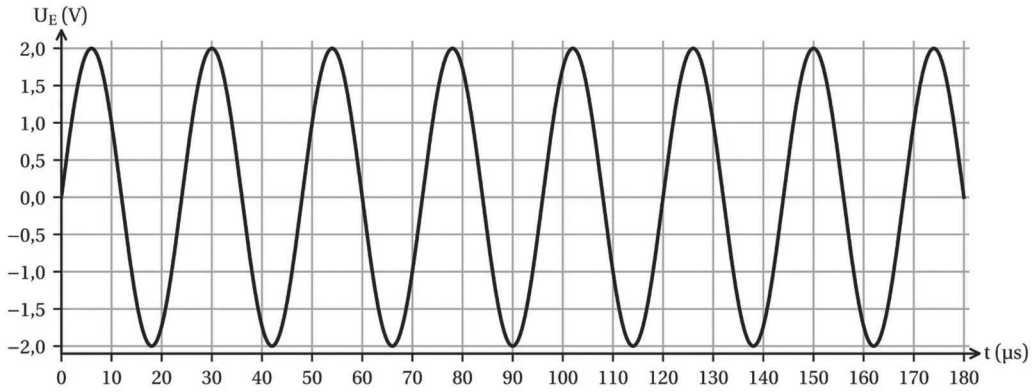
C.3. Déterminer l'intérêt de la cavitation acoustique sur la cinétique de la réaction de saponification en s'appuyant sur le document 6.

Document 7 : domaines de fréquence des ondes sonores



Document 8 : tension aux bornes de la sonotrode

L'évolution au cours du temps de la tension U_E aux bornes de la sonotrode est représentée ci-dessous. Cette tension électrique a la même fréquence que les ondes générées par la sonotrode.



C.4. Justifier que la sonotrode émet bien des ondes ultrasonores, ce qui permettra le phénomène de cavitation.

Moulage de la pâte à savon

Une fois la transformation de saponification terminée, la pâte de savon est déversée dans un moule de volume $V = 0{,}040\ m^3$.

C.5. Montrer qu'un débit volumique $Q_v = 1{,}3 \times 10^{-4}\ m^3 \cdot s^{-1}$ est nécessaire pour remplir le moule en 5,0 minutes.

On rappelle que l'aire d'une section circulaire d'un tuyau de diamètre D a pour expression $S = \frac{\pi \times D^2}{4}$.

C.6. En déduire la valeur du diamètre D de la section circulaire que doit avoir la canalisation de vidage du réacteur pour que la vitesse d'écoulement v soit égale à $0{,}20\ m \cdot s^{-1}$.

PARTIE D - Contrôle du remplissage du moule

On s'intéresse à deux procédés de contrôle du remplissage du moule : un détecteur de niveau à lames vibrantes et un capteur de masse contrôlé par un microcontrôleur.

Détecteur de niveau à lames vibrantes

Document 9 : principe de fonctionnement d'un détecteur du niveau d'un fluide à lames vibrantes

Le dispositif est constitué de deux lames métalliques placées au-dessus du fluide dont on cherche à détecter le niveau. Le moteur du dispositif est réglé de telle sorte que les lames métalliques vibrent à leur fréquence de résonance.
Lorsque le niveau du fluide atteint les lames, leur vibration est amortie.

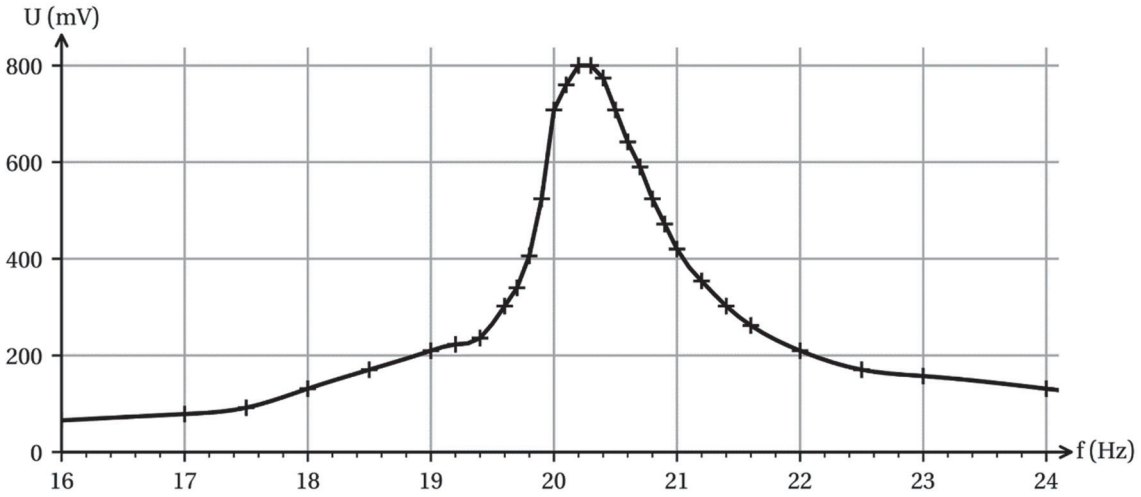


D'après https://fr.wikiversity.org/wiki/Capteur/Capteurs_de_niveau

Pour utiliser un détecteur de niveau à lames vibrantes, il faut déterminer au préalable la fréquence de résonance des lames.

On étudie en laboratoire les vibrations d'une lame métallique en régime d'oscillations forcées afin de déterminer sa fréquence de résonance. Le dispositif permet de mesurer une tension électrique qui traduit l'amplitude des oscillations de la lame, représentée dans le document 10.

Document 10 : tension électrique mesurée en fonction de la fréquence d'oscillation de la lame



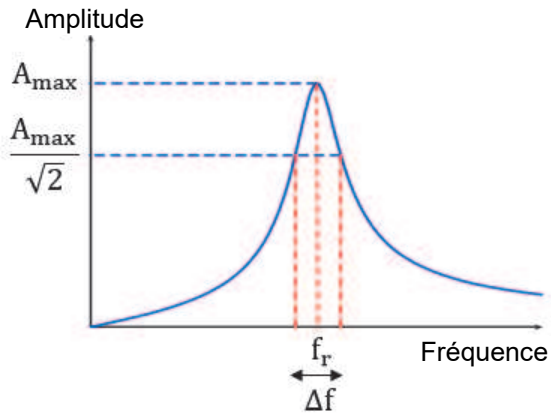
D.1. À l'aide du document 10, déterminer la valeur de la fréquence de résonance f_r de la lame étudiée.

Document 11 : facteur de qualité d'une résonance

Le facteur de qualité est un nombre sans dimension qui caractérise la résonance d'un oscillateur.

Il est défini par : $Q = \frac{f_r}{\Delta f}$ avec :

– Q le facteur de qualité (sans unité) ;
– f_r la fréquence de résonance (en Hz) ;
– Δf l'intervalle de fréquences entre lesquelles l'amplitude est supérieure à $\frac{A_{max}}{\sqrt{2}}$, A_{max} étant l'amplitude à la résonance.

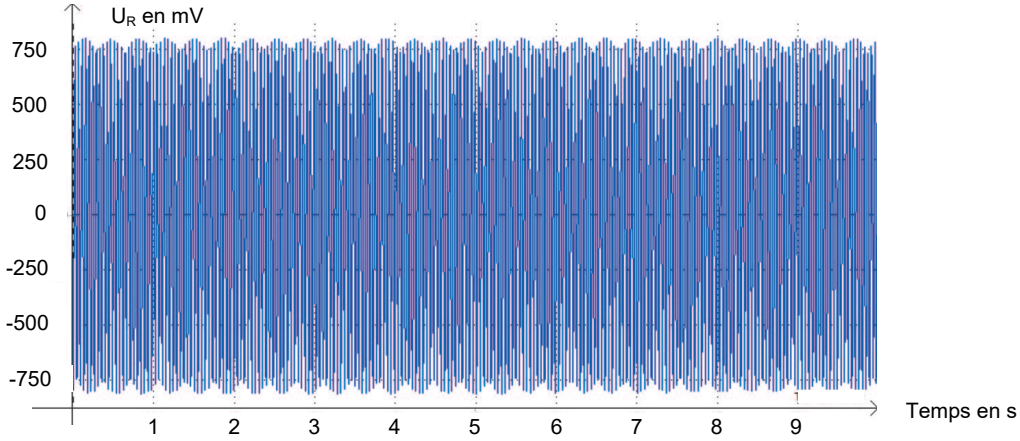


D.2. Déterminer la valeur du facteur de qualité Q de la résonance de la lame étudiée.

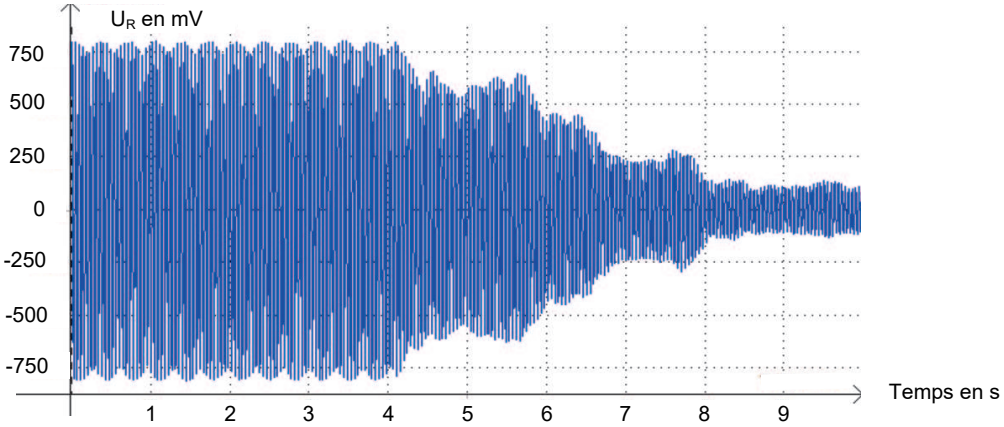
Document 12 : Vibrations de la lame au cours du temps.

Les deux enregistrements ci-dessous ont été réalisé à la fréquence de résonance de la lame. La tension mesurée U_R traduit le mouvement d'oscillation de la lame au cours du temps.

Enregistrement n°1 : lame qui n'est pas en contact avec le fluide



Enregistrement n°2 : lame qui entre en contact avec le fluide



Lorsque la lame vibrante entre en contact avec le fluide, ses oscillations sont amorties.

D.3. Indiquer comment cet amortissement s'observe sur l'enregistrement n°2 du document 12.

D.4. Préciser comment évolue la valeur du facteur de qualité Q lors du contact de la lame avec le fluide.

Capteur de masse contrôlé par un microcontrôleur

Pour contrôler le non-débordement du moule, un capteur de masse est placé sous celui-ci. Lorsque la masse de savon dépasse une valeur limite, une DEL (diode électroluminescente) rouge reliée au microcontrôleur s'allume.
Le montage expérimental est décrit dans le document 13.

Document 13 : capteur de masse avec module HX711

Le capteur est relié à un module (module HX711) qui permet de convertir et d'amplifier les signaux analogiques du capteur de masse en un signal numérique transféré au microcontrôleur.

La partie principale du module est un convertisseur analogique-numérique (CAN) 24 bits.

Certaines caractéristiques du module HX711 données par le fournisseur sont les suivantes :

– plage de conversion : $[-40\ \text{mV}\ ,\ +40\ \text{mV}]$;
– résolution de conversion A/D : 24 bits.

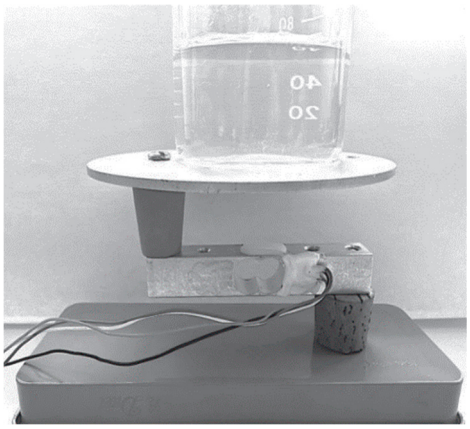
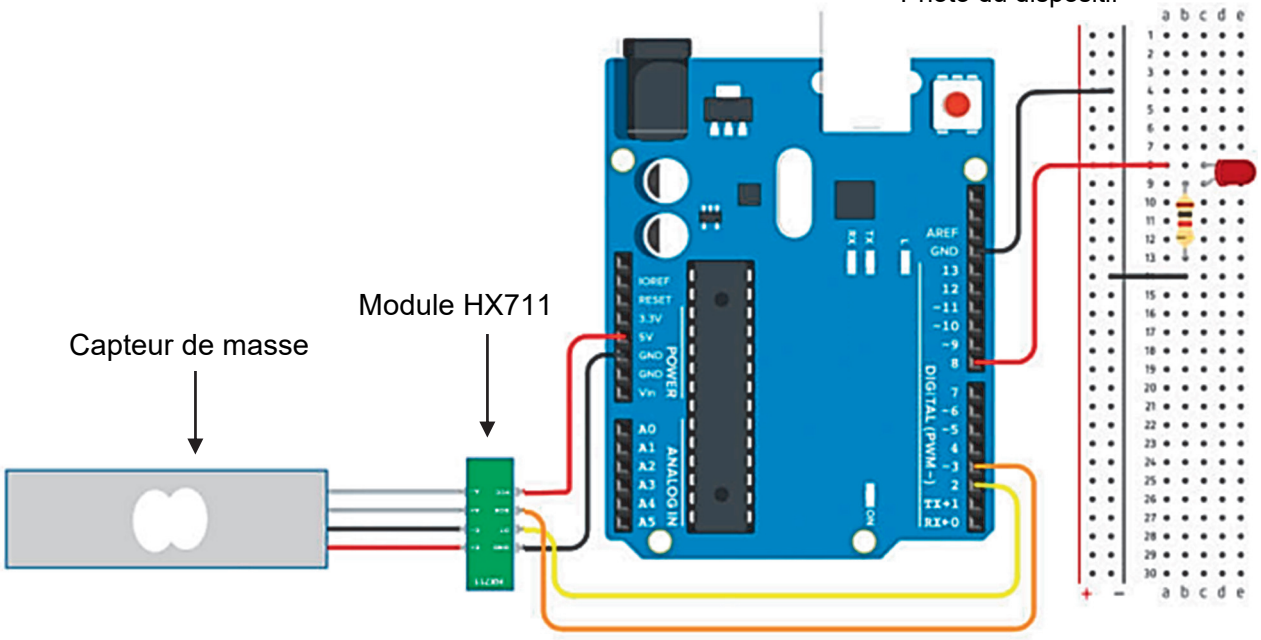


Photo du dispositif



Le quantum d'un CAN s'exprime par la relation : $q = \frac{\Delta U}{2^N - 1}$

avec : N le nombre de bits ;
ΔU la plage de conversion ;
q le quantum.

D.5. Calculer la valeur du quantum du CAN utilisé dans le capteur du document 13.

Un programme permettant d'allumer la DEL est téléversé dans le microcontrôleur. Un extrait de ce programme est donné ci-après dans le document 14.

Document 14 : extrait du programme téléversé dans le microcontrôleur

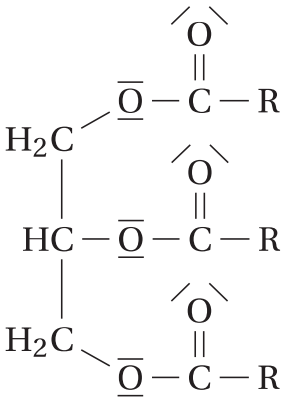
```
1  […]
2  void loop() {                          // Fonction loop() appelée en boucle
3                                         //    tant que le microcontrôleur est
4                                         //    alimenté.
5     masse = balance.get_units(10);      // Cette fonction renvoie la valeur
6                                         //    moyenne de 10 mesures effectuées
7                                         //    par le capteur // et l'affecte à
8                                         //    la valeur de la masse.
9     Serial.print(masse);                // Affichage de la masse.
10    Serial.println(" g");               // Affichage de l'unité.
11
12    if (……){                            // À compléter
13       digitalWrite(8, HIGH);           // Broche 8 alimentée.
14    } else {
15       digitalWrite(8, LOW);            // Broche 8 non alimentée.
16    }
17    delay(1000);                        // Pause de 1000 ms.
18 }
19
```

D.6. À l'aide des documents 13 et 14, indiquer quelle ligne du programme permet d'allumer la DEL.

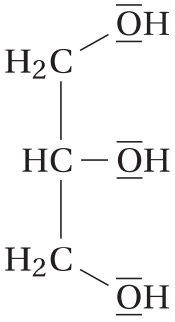
D.7. Sur la copie, réécrire la ligne 12 du programme du document 14 en la complétant pour que la DEL s'allume à partir d'une masse d'une valeur de 200 g.

DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

Question A.1.



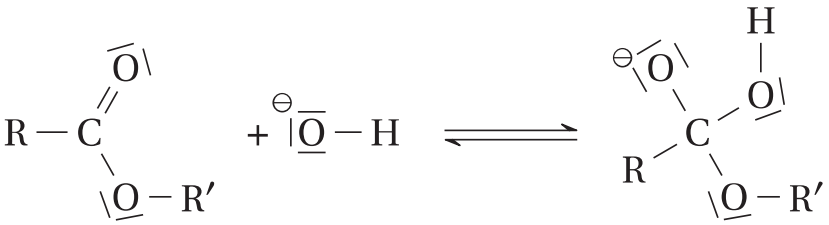
Triester



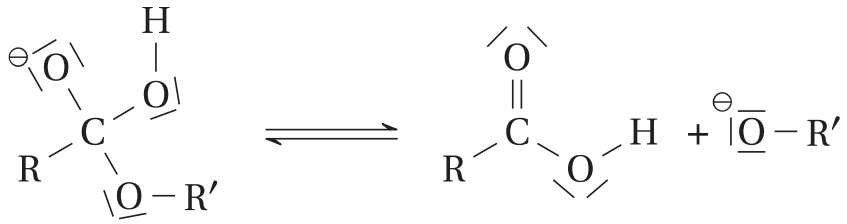
Glycérol

Question A.3. Mécanisme réactionnel de la saponification

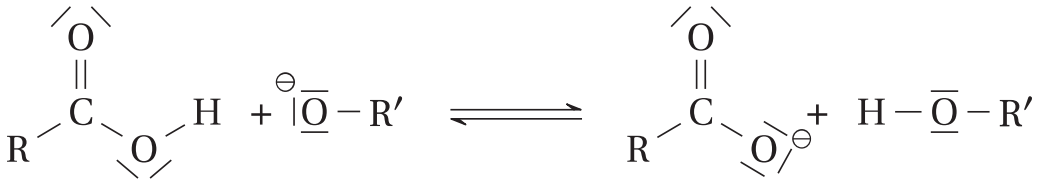
Étape n°1 :



Étape n°2 :



Étape n°3 :



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.)

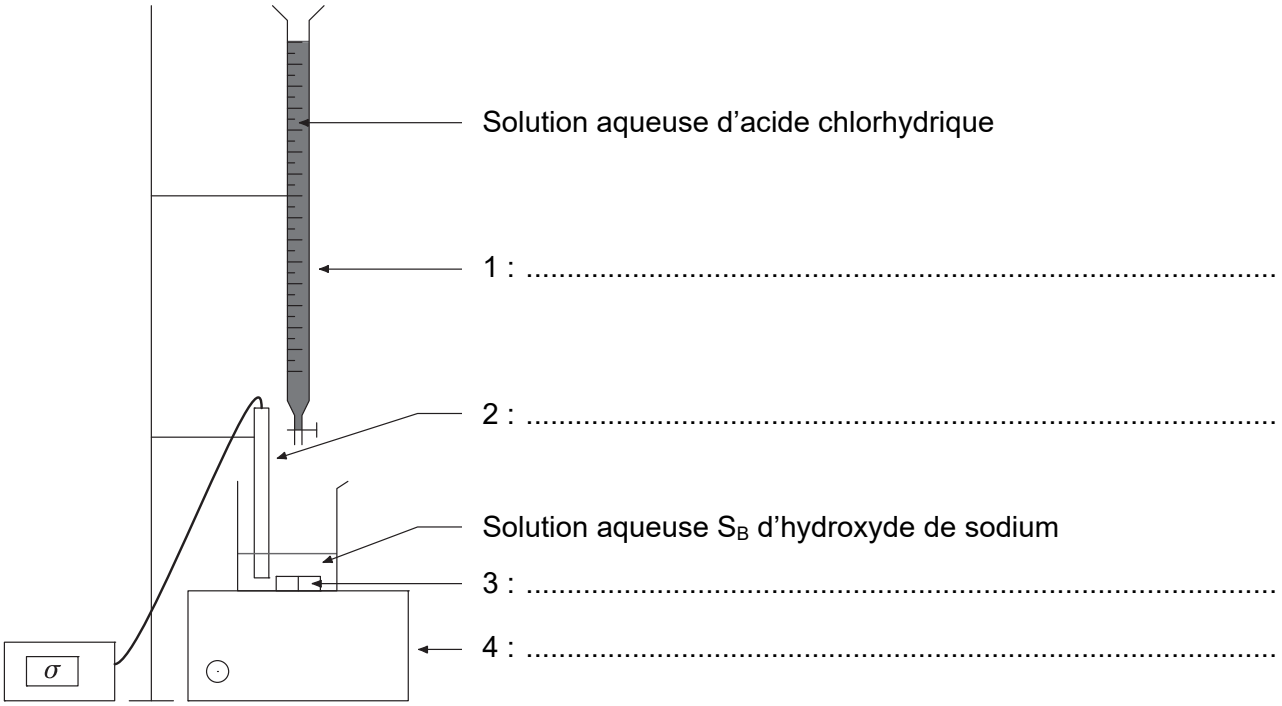
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

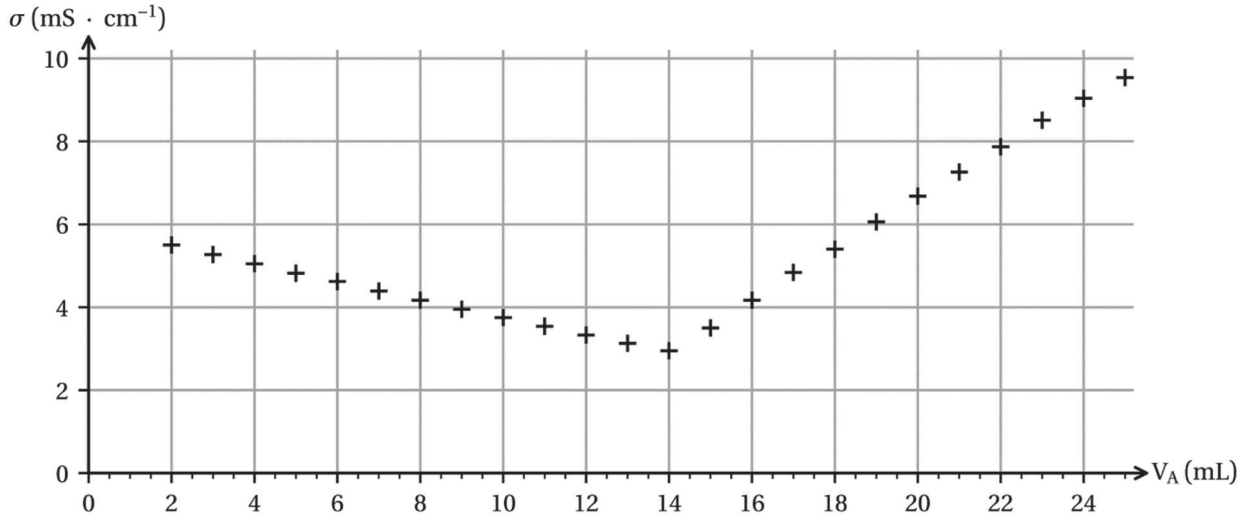
DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

Question B.5. Schéma du dispositif de titrage conductimétrique



Questions B.7 et B.8.

Courbe de titrage conductimétrique de la solution aqueuse S_B d'hydroxyde de sodium diluée



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.