Nettoyage en archéologie

Bac S 2014 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 2 **7 points** **Durée conseillée 1 h 10**

1.1 Partie 1. Déterminer la période T du signal de la figure 1. Expliquer la méthode.

Pour limiter l'erreur de lecture, on mesure la durée du plus grand nombre possible de périodes.

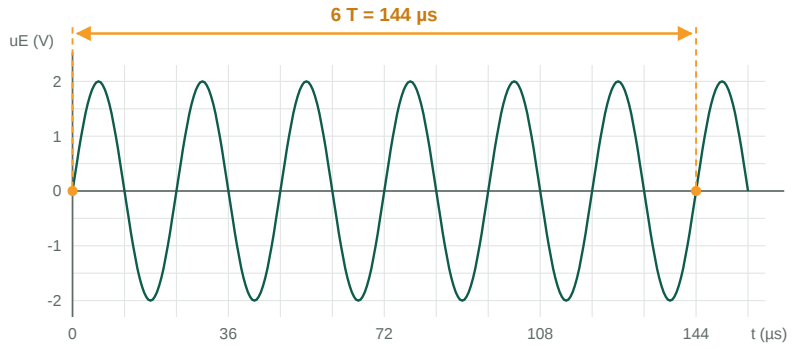
Le signal passe par zéro en montant à $t = 0$ et à $t = 144\ \mu s$; entre ces deux instants, on compte 6 périodes.

$$T = \frac{144}{6} = 24\ \mu s$$

$T = 24\ \mu s = 2{,}4 \times 10^{-5}\ \text{s}$

COMPRENDRE
Une lecture graphique donne ici deux chiffres significatifs : on garde donc deux chiffres pour T, puis pour la fréquence qui s'en déduit.

MÉTHODE
Repérer deux points identiques du signal (même valeur, même sens de variation) les plus éloignés possible, compter les périodes entre eux, puis diviser la durée lue par ce nombre.



1.1 · Figure 1 du sujet : six périodes entre deux passages par zéro en montant

1.2 En déduire la fréquence f des ultrasons. Comparer avec la valeur de référence.

Données utiles $T = 24\ \mu s$ (1.1) ; notice : 42 kHz à $\pm 2\ \%$

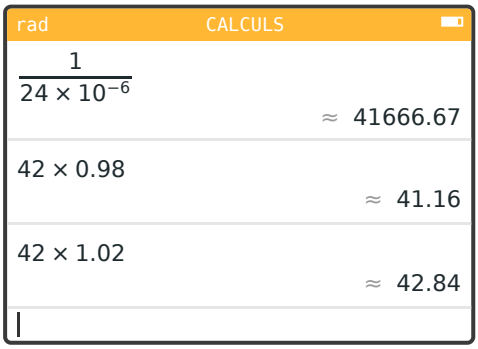
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{24 \times 10^{-6}} = 4{,}2 \times 10^{4}\ \text{Hz}$$

La notice annonce 42 kHz à $\pm 2\ \%$, soit une fréquence comprise entre 41,2 kHz et 42,8 kHz. La valeur mesurée (41,7 kHz avant arrondi) est dans cet intervalle.

$f = 4{,}2 \times 10^{4}\ \text{Hz} = 42\ \text{kHz}$: valeur en accord avec la notice.

PIÈGE
Laisser T en microsecondes dans le calcul : $1/24$ ne donne pas des hertz. Il faut convertir, $24\ \mu s = 24 \times 10^{-6}$ s.

À LA CALCULATRICE



1.3.1 Définir la longueur d'onde λ.

La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période T : $\lambda = v \times T$.

C'est aussi la plus petite distance entre deux points du milieu qui vibrent en phase.

COMPRENDRE
La période T est la périodicité dans le temps, la longueur d'onde λ la périodicité dans l'espace ; la célérité v relie les deux.

1.3.2 Déterminer la longueur d'onde λ à partir de l'expérience. Que peut-on faire pour augmenter la précision de la mesure ?

Données utiles déplacement du récepteur : 8 mm

Au départ les deux signaux sont en phase. Ils le redeviennent pour la première fois lorsque le récepteur a reculé d'exactement une longueur d'onde.

$\lambda = 8 \text{ mm}$

Pour gagner en précision, on recule le récepteur jusqu'à compter un grand nombre de retours en phase, par exemple dix. La distance mesurée vaut alors $d = 10\,\lambda$ et $\lambda = \dfrac{d}{10}$: l'erreur de lecture sur la règle est répartie sur dix longueurs d'onde.

MÉTHODE
Même idée qu'à la question 1.1 : pour une grandeur périodique, on mesure plusieurs motifs à la fois, puis on divise. L'incertitude sur un motif est divisée par le nombre de motifs.

1.3.3 Calculer la célérité v des ondes ultrasonores dans l'air. Expliquer un écart éventuel avec la valeur attendue.

Données utiles $\lambda = 8 \text{ mm}$ (1.3.2) ; $T = 24\ \mu\text{s}$ (1.1) ; valeur attendue : $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à 25 °C ; mesures faites à 20 °C

$\lambda = v \times T$ donc $v = \dfrac{\lambda}{T}$

$$v = \frac{8 \times 10^{-3}}{24 \times 10^{-6}} = 333 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

La longueur d'onde n'est connue qu'avec un seul chiffre significatif, donc :

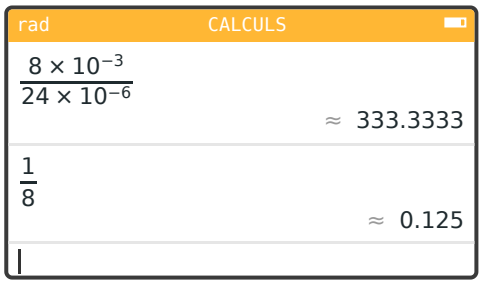
$v \approx 3 \times 10^{2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Cette valeur est un peu inférieure aux $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ attendus. Deux raisons :

- la mesure de λ est peu précise : 1 mm d'erreur sur 8 mm représente déjà plus de 10 % ;
- la valeur de référence est donnée à 25 °C alors que l'expérience est faite à 20 °C, et la célérité du son dans l'air dépend de la température.

COMPRENDRE
L'écart relatif, $(340 - 333)/340 \approx 2\ \%$, est bien plus petit que l'incertitude de la mesure : le résultat est compatible avec la valeur attendue.

À LA CALCULATRICE



1.4 En utilisation normale, la longueur d'onde des ultrasons vaut 4 cm et non la valeur de la question 1.3.2. Expliquer cette différence.

Données utiles célérité dans l'eau : $v' = 1500\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f = 42\ \text{kHz}$

En utilisation normale, les ultrasons se propagent dans l'eau de la cuve et non dans l'air.

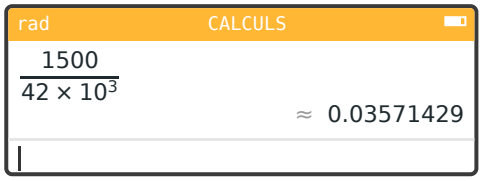
La fréquence est imposée par l'émetteur : elle ne change pas avec le milieu. La célérité, elle, dépend du milieu : elle est bien plus grande dans l'eau. Comme $\lambda = \dfrac{v}{f}$, la longueur d'onde est plus grande dans l'eau :

$$\lambda' = \frac{v'}{f} = \frac{1500}{42 \times 10^3} = 3{,}6 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$\lambda' \approx 4\ \text{cm}$ dans l'eau, contre 8 mm dans l'air : la célérité a changé, pas la fréquence.

PIÈGE
Écrire que la fréquence change avec le milieu. C'est la source qui fixe f ; le milieu fixe v, et λ s'adapte.

À LA CALCULATRICE



2.1 Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes mécaniques ?

Le document 2 décrit des compressions et des dépressions du liquide qui se propagent de proche en proche : c'est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel, sans transport de matière.

Oui, les ultrasons sont des ondes mécaniques : ils ont besoin d'un milieu matériel et ne se propagent pas dans le vide.

2.2 Choisir, parmi niveau d'intensité sonore, timbre, fréquence et vitesse de propagation dans le même milieu à la même température, la grandeur qui différencie ondes ultrasonores et ondes sonores.

Les sons audibles ont une fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz ; les ultrasons ont une fréquence supérieure à 20 kHz (ici 42 kHz). Dans un même milieu, à la même température, les deux se propagent à la même célérité.

La grandeur qui les différencie est la **fréquence**.

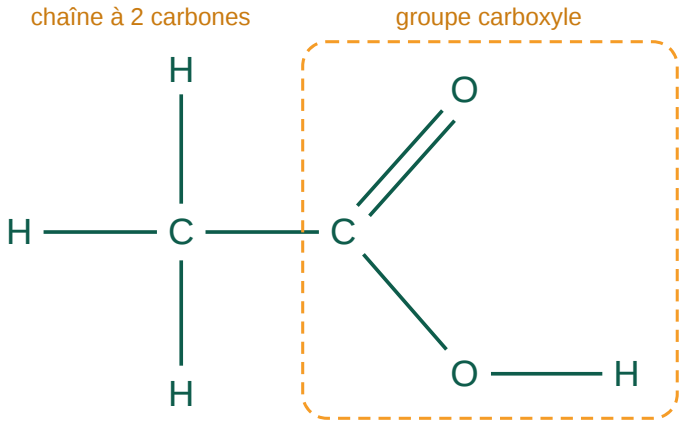
COMPRENDRE
Le timbre, cité dans la liste, relevait de l'ancien programme : il n'est plus étudié dans la spécialité actuelle. Le niveau d'intensité sonore, en décibels, l'est toujours.

1 Partie 2. Dessiner la formule développée de l'acide éthanoïque en justifiant la chaîne carbonée et le groupe caractéristique représentés.

- « éthan » : la chaîne carbonée comporte deux atomes de carbone, reliés par une liaison simple ;
- « acide …oïque » : la molécule porte le groupe carboxyle $-\text{COOH}$ des acides carboxyliques, placé en bout de chaîne.

Acide éthanoïque : CH_3-COOH, dont la formule développée est tracée ci-dessous.

PIÈGE
Une formule développée montre toutes les liaisons, y compris $\text{C}-\text{H}$ et $\text{O}-\text{H}$. Écrire CH_3-COOH seul, c'est donner la formule semi-développée.



1 · Formule développée de l'acide éthanoïque

2 Écrire l'équation de la réaction chimique de l'acide éthanoïque avec l'eau.

Données utiles couples acide éthanoïque / ion éthanoate et H_3O^+ / H_2O

L'acide éthanoïque cède un ion H^+ à l'eau, qui joue le rôle de base.

$$CH_3COOH\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$$

COMPRENDRE
Acide faible : la réaction avec l'eau n'est pas totale, d'où la double flèche.

3.1 Rédiger avec précision le protocole à mettre en œuvre pour diluer dix fois le vinaigre.

Diluer dix fois, c'est préparer un volume de solution fille dix fois plus grand que le volume de vinaigre prélevé : par exemple 10,0 mL de vinaigre pour 100,0 mL de solution.

- Verser un peu de vinaigre dans un bécher.
- Y prélever 10,0 mL avec une pipette jaugée munie d'une poire à pipeter, après l'avoir rincée au vinaigre.
- Verser ce prélèvement dans une fiole jaugée de 100,0 mL.
- Ajouter de l'eau distillée aux deux tiers environ, boucher et agiter.
- Compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et retourner plusieurs fois la fiole pour homogénéiser.

Pipette jaugée de 10,0 mL et fiole jaugée de 100,0 mL : $C_1 = \dfrac{C_0}{10}$.

PIÈGE
Citer une éprouvette graduée ou un bécher pour mesurer les volumes : une dilution précise exige de la verrerie jaugée. Ne pas pipeter directement dans la bouteille.

3.2 À quoi sert la phénolphtaléine ?

La phénolphtaléine est un indicateur coloré acido-basique : incolore en milieu acide, elle devient rose en milieu basique.

Son changement de teinte permet de repérer l'équivalence du titrage, donc de lire $V_{Béq}$.

COMPRENDRE
Quelques gouttes suffisent : l'indicateur est lui-même une espèce acido-basique, et une grande quantité fausserait le volume équivalent.

3.3 Le titrage valide-t-il l'inscription de l'étiquette (vinaigre à 8°) ? Indiquer clairement la démarche.

Données utiles $V_A = 10{,}0\ \text{mL}$ de vinaigre dilué dix fois ; $C_B = 0{,}100\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_{Béq} = 13{,}3\ \text{mL}$; densité du vinaigre : environ 1 ; $M(\text{C}) = 12{,}0$, $M(\text{H}) = 1{,}0$, $M(\text{O}) = 16{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Réaction support du titrage :

$$\text{CH}_3\text{COOH}\,(\text{aq}) + \text{HO}^-\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-\,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$$

Concentration du vinaigre dilué. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : $C_1 \times V_A = C_B \times V_{Béq}$.

$$C_1 = \frac{C_B \times V_{Béq}}{V_A} = \frac{0{,}100 \times 13{,}3}{10{,}0} = 0{,}133\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Concentration du vinaigre. Il a été dilué dix fois : $C_0 = 10 \times C_1 = 1{,}33\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Masse d'acide dans 100 g de vinaigre. La densité vaut environ 1 : 100 g de vinaigre occupent $V = 100\ \text{mL} = 0{,}100\ \text{L}$.

$$M(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = 2\times 12{,}0 + 4\times 1{,}0 + 2\times 16{,}0 = 60{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

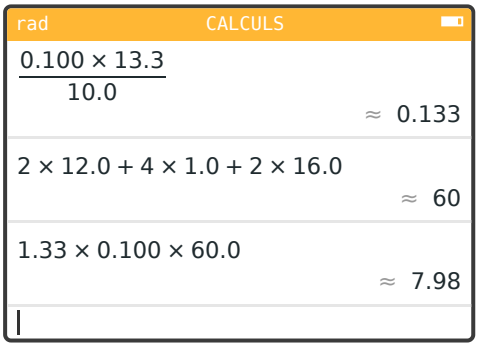
$$m = C_0 \times V \times M = 1{,}33 \times 0{,}100 \times 60{,}0 = 7{,}98\ \text{g}$$

$m \approx 8{,}0$ g d'acide pour 100 g de vinaigre : le degré est de 8°, l'étiquette est validée.

PIÈGE
Oublier le facteur 10 de la dilution : le titrage donne la concentration C_1 du vinaigre dilué, pas celle du vinaigre de la bouteille. On trouverait 0,8° au lieu de 8°.

MÉTHODE
Remonter de la définition : le degré est une masse dans 100 g. Il faut donc une concentration (titrage), un volume (densité) et une masse molaire, enchaînés par $m = C \times V \times M$.

À LA CALCULATRICE



4 Pourquoi vaut-il mieux ne pas nettoyer au vinaigre les pièces anciennes contenant du fer, de l'aluminium ou du nickel ? Appuyer la réponse par une équation de réaction.

Données utiles couples Fe^{2+} / Fe, Al^{3+} / Al, Ni^{2+} / Ni ; $\text{M}\,(\text{s}) + n\,\text{H}^+\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{M}^{n+}\,(\text{aq}) + \frac{n}{2}\,\text{H}_2\,(\text{g})$

Le vinaigre est une solution acide : il apporte des ions H^+ qui oxydent ces métaux. Le métal de la pièce passe en solution sous forme d'ions, avec dégagement de dihydrogène. Pour le fer ($n = 2$) :

$\text{Fe}\,(\text{s}) + 2\,\text{H}^+\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}\,(\text{aq}) + \text{H}_2\,(\text{g})$: la pièce elle-même est attaquée et perd de la matière.

De même pour le nickel ($n = 2$), et pour l'aluminium avec $n = 3$.

COMPRENDRE
C'est une réaction d'oxydoréduction : le métal cède des électrons (il est oxydé), les ions H^+ les captent (ils sont réduits en H_2). L'argent, l'or et le cuivre ne réagissent pas ainsi.