

Bac Blanc 2017 – Corrigé

Exercice 1 : Ultrasons

Partie 1 : Les ultrasons au service du nettoyage

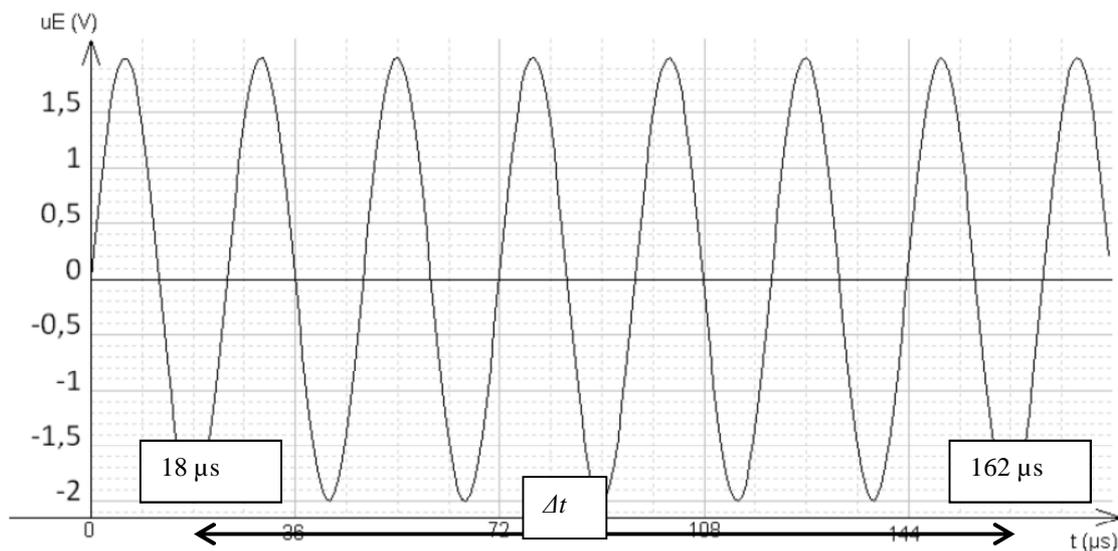


Figure 1

1.1. On mesure la durée Δt du plus grand nombre N possible de périodes, on en déduit la période

$$T = \frac{\Delta t}{N}$$

$$T = \frac{162 - 18}{6} = 24 \mu s = 24 \times 10^{-6} s$$

1.2. $f = \frac{1}{T}$

$f = \frac{1}{24 \times 10^{-6}} = 41\,667 \text{ Hz}$ que l'on arrondit à deux chiffres significatifs donc $f = 4,2 \times 10^4 \text{ Hz} = 42 \text{ kHz}$ valeur en total accord avec la notice qui annonce 42 kHz.

1.3.1.

La longueur d'onde est la plus petite distance entre deux points du milieu dans le même état vibratoire.

1.3.2. Initialement l'émetteur et le récepteur étant dans la même tranche d'air, les signaux sont en phase. En éloignant le récepteur d'une distance égale à la longueur d'onde $\lambda = 8,0 \text{ mm}$, on observe à nouveau des signaux en phase.

Pour augmenter la précision de la mesure, il faut mesurer plusieurs longueurs d'onde. On procède à plusieurs décalages successifs des signaux. Ainsi la distance mesurée est plus grande.

Complément :

- Comment diminuer l'erreur relative d'une mesure ?

Avec une règle graduée uniquement en cm (pas de repère des mm), on mesure une distance $d_{réelle} = 3,5 \text{ cm}$.

On lit sur la règle 3 ou 4 cm.

On commet une erreur absolue de $|d_{réelle} - d_{mesurée}| = 0,5 \text{ cm}$.

On commet une erreur relative de $\frac{|d_{réelle} - d_{mesurée}|}{d_{réelle}} = \frac{0,5}{3,5} = 14\% \text{ d'erreur relative}$.

Avec cette règle, on mesure une distance plus grande $d_{réelle} = 14,5 \text{ cm}$.

On lit sur la règle 14 ou 15 cm.

On commet la même erreur absolue $= 0,5 \text{ cm}$

Mais on commet une **erreur relative plus faible**, elle vaut dans ce cas $\frac{0,5}{14,5} = 3,4 \%$ d'erreur.

1.3.3. $\lambda = v \cdot T$ donc $v = \frac{\lambda}{T}$

$$v = \frac{8 \times 10^{-3}}{24 \times 10^{-6}} = 3,3 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$$

Remarque : Le résultat est exprimé avec deux chiffres significatifs car $\lambda = 8,0 \text{ mm}$ et $T = 24 \mu\text{s}$ ont chacun deux chiffres significatifs.

La valeur attendue est de 340 m.s^{-1} à 25°C .

L'écart entre les deux valeurs est dû au manque de précision sur la valeur expérimentale de la longueur d'onde et on peut aussi remarquer que l'expérience a été réalisée à 20°C et non pas à 25°C .

1.4. La fréquence f des ultrasons émis est la même quel que soit le milieu de propagation.

Par contre la célérité v des ultrasons varie selon ce milieu.

Comme $\lambda = \frac{v}{f}$ alors la longueur d'onde varie suivant le milieu de propagation.

Lors d'une utilisation normale, les ultrasons se propagent dans l'eau et non dans l'air :
 $\lambda = v \cdot T = 1500 \times 24 \cdot 10^{-6} = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 3,6 \text{ cm}$

1.5. Les ultrasons nécessitent un milieu matériel pour se propager, ce sont effectivement des ondes mécaniques.

1.6. Les ondes ultrasonores se distinguent des ondes sonores par leur **fréquence**.

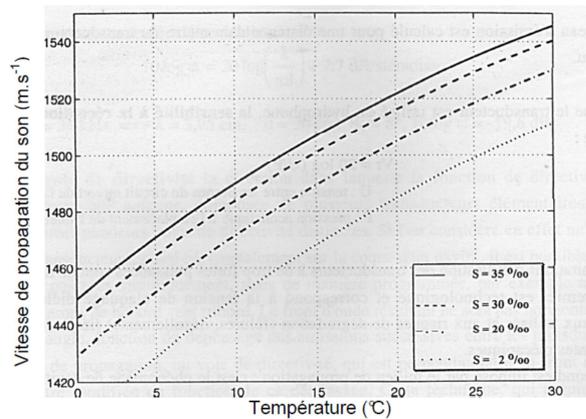
Partie 2 : Etude d'un sondeur

2.1. Le sondeur doit comporter un capteur de température car la célérité de l'onde ultrasonore qu'il émet dépend (entre autres) de la température. Et cette célérité intervient dans la durée entre l'émission et la réception de l'onde.

Dans les conditions de l'exercice :

$$S = 35 \text{ ‰} \text{ et } \theta = 10^\circ\text{C}$$

Par lecture graphique, $v = 1490 \text{ m.s}^{-1}$.



D'après « Acoustique et pêche maritime » de Diner et Marchand, Ifremer

2.2. L'article de Pour la science indique que la réflexion dépend de la taille du réflecteur (poisson) face à la longueur d'onde de l'onde incidente.

Déterminons cette longueur d'onde : c'est la distance parcourue par l'onde à la célérité v durant une période T :

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{1490}{83 \times 10^3} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ m} = \mathbf{1,8 \text{ cm}}$$

Les sardines tout comme les thons sont grands par rapport à cette longueur d'onde, donc la réflexion des ondes ultrasonores sera directionnelle et le sondeur pourra les détecter.

Les informations fournies ne permettent pas de savoir si le sondeur est plus ou moins performant avec un thon ou une sardine.

2.3. L'onde effectue un aller-retour, soit une distance égale à $2d$, en une durée Δt .

$$v = \frac{2d}{\Delta t} \text{ donc } d = \frac{v \cdot \Delta t}{2}$$

$$d = \frac{1490 \times 32 \times 10^{-3}}{2} = 24 \text{ m.}$$

2.4. La distance D parcourue par l'onde est plus élevée à l'entrée et à la sortie du cône (voir schéma $D > d$). Or le sujet indique que sur l'écran, les dimensions mesurées verticalement sont proportionnelles aux distances et que le haut de l'écran correspond à la surface de l'eau (profondeur nulle). D'où l'allure en « accent circonflexe ».



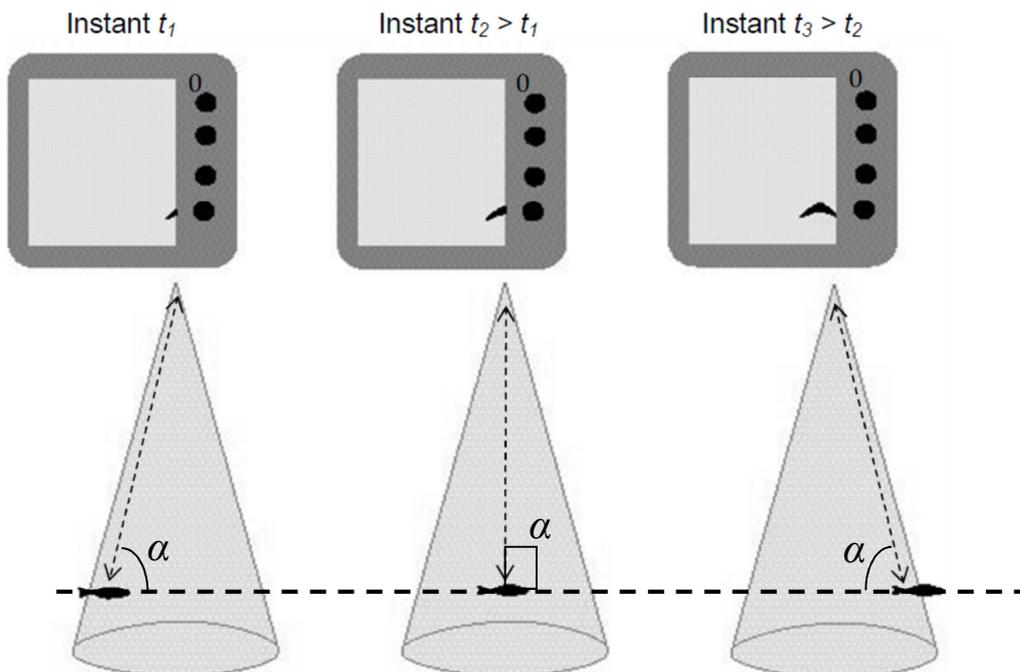
5. D'après la question 3., le poisson se situe à 24 m de profondeur donc la meilleure plage de mesure est celle allant de 0 à 50 m de profondeur (contre celle allant de 0 à 100 m).

En effet, il y a 160 pixels verticaux avec une incertitude de 1 pixel soit par proportionnalité :

$$\begin{aligned} 160 \text{ pixels} &\rightarrow 50 \text{ m} \\ 1 \text{ pixel} &\rightarrow X \text{ (en m)} \end{aligned}$$

Donc l'incertitude sur la profondeur est de $\frac{1 \times 50}{160} = 0,31 \text{ m}$ pour la plage allant de 0 à 50 m contre

$$\frac{1 \times 100}{160} = 0,62 \text{ m} \text{ pour la plage allant de 0 à 100 m.}$$



D'après le site www.carnassiers.com

2.6. La relation donnant le décalage en fréquence dû à l'effet Doppler est : $|\Delta f| = \frac{2v \cos \alpha}{c} \times f$,

ainsi $v = \frac{c \cdot |\Delta f|}{2 \cdot f \cdot \cos \alpha}$, avec α , angle entre la direction de déplacement de l'obstacle et celle de propagation de l'onde entre l'obstacle et l'observateur.

L'angle α varie au cours du déplacement du poisson. Sa valeur n'est connue qu'à l'entrée et à la sortie du cône de détection car on suppose que le constructeur fournit cette donnée au calculateur intégré au sondeur.

Exercice 2 : Synthèse et cinétique

1. Étude de la transformation chimique

1.1. Le produit P1 résulte d'une réaction de substitution, en effet l'atome de chlore du 2-chloro-2-méthylpropane a été substitué par un groupe hydroxyle OH.

Le produit P2 résulte d'une réaction d'élimination, en effet il y a création d'une double liaison.

1.2. P1 : 2-méthylpropan-2-ol ; P2 : méthylpropène

1.3.

Groupe O – H : **présent**

Groupe C – H, C lié à une double liaison :

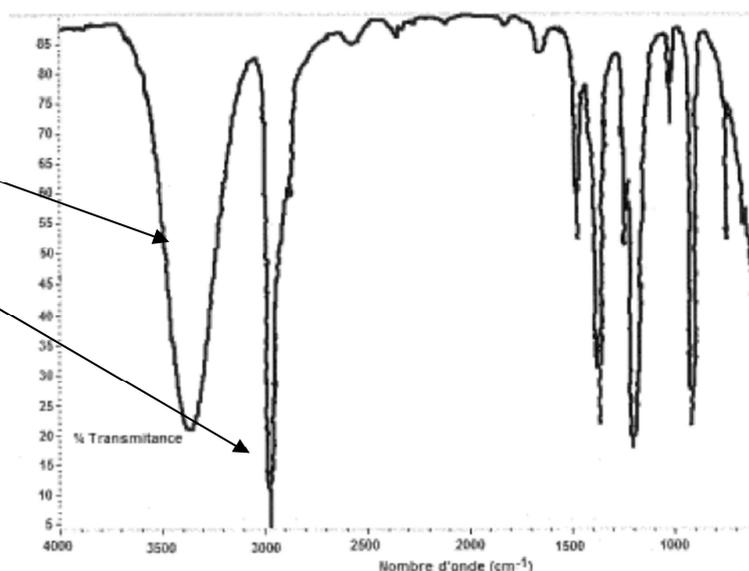
absent

Groupe C – H, C ayant 4 liaisons covalentes

présent

Groupe C = C : **absent**

(La spectroscopie IR permet d'identifier P1).



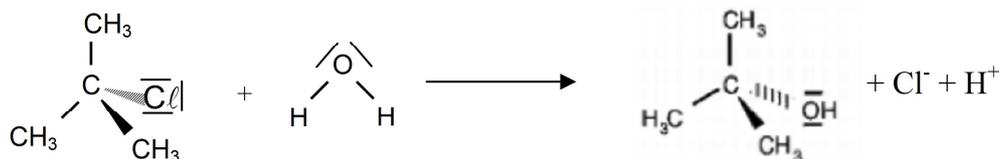
1.4. Le singulet à 1,22 ppm de hauteur relative 9 (18 carreaux) correspond aux 9 H des groupes CH₃ – C – O.

Le singulet à 2,92 ppm de hauteur relative 1 (2 carreaux) correspond au H du groupe C – O – H.

On identifie donc la molécule P1 comme étant le produit de la réaction.

1.5. Il y a 2 signaux : 1 correspondant aux 9 H équivalents des groupes CH₃ et 1 correspondant au H du groupement OH. Les deux signaux sont des singulets car l'oxygène fait écran.

1.6.



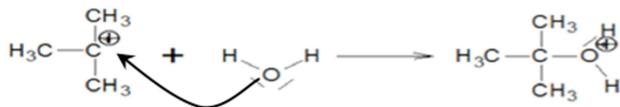
1.7. L'atome le plus électro-négatif attire davantage les électrons partagés de la liaison, il est porteur d'une charge partielle négative ; l'autre atome est porteur d'une charge partielle positive.

Ainsi on a $\delta^+ \delta^-$ et $\delta^- \delta^+$
 $\text{C} - \text{Cl}$ et $\text{O} - \text{H}$

1.8. L'atome de Cl étant très électro-négatif il attire à lui l'électron de la liaison venant du C et forme ainsi l'anion Cl⁻. Le carbone ayant perdu un électron devient chargé positivement.



Un doublet non liant de l'oxygène (site donneur) va attaquer le carbone chargé positivement. L'oxygène va se retrouver chargé positivement car il a perdu un électron.



1.9. Au cours de la réaction des ions apparaissent dans le milieu réactionnel, ainsi l'augmentation de la conductivité permet de suivre l'avancement de la réaction.

2. Étude de la cinétique de la réaction.

2.1. Pour l'expérience A₃, à la date t = 1200 s, on constate que la conductivité σ est devenue presque constante : la réaction est terminée. Or à cette même date, pour les expériences A₁ et A₂ la conductivité augmente encore. La durée de réaction est plus courte pour l'expérience A₃, ainsi la vitesse de réaction est plus élevée lorsque la température est plus forte.

Remarque : Le raisonnement ci-après a été donné par de nombreux candidats et accepté comme étant juste, mais il n'est pas rigoureusement correct car l'énoncé indique que K est une constante qui dépend de la température.

Pour une durée de 1200 s, $\sigma_{A_3} > \sigma_{A_2} > \sigma_{A_1}$ comme $\sigma = K \cdot x$ on en déduit que $x_{A_3} > x_{A_2} > x_{A_1}$.

Pour une même durée, plus l'avancement est élevé et plus la vitesse de réaction est grande.

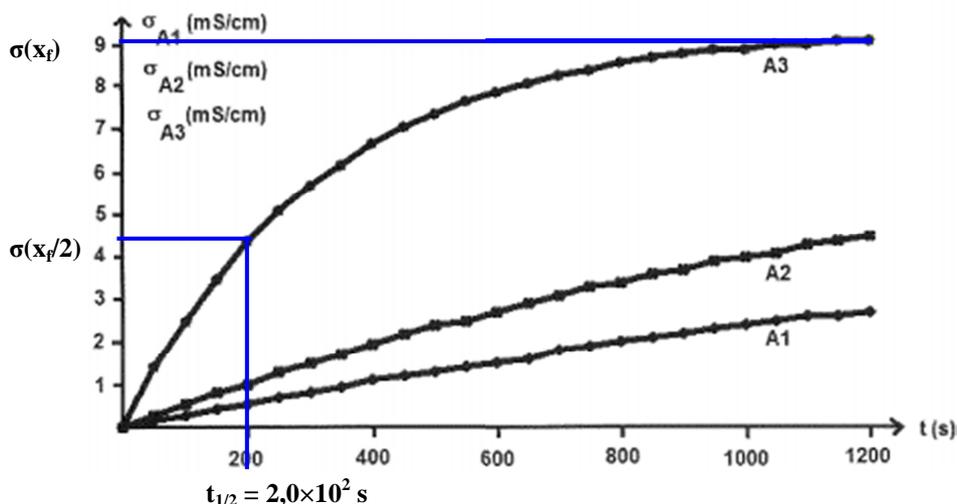
On constate que la vitesse de réaction est plus grande lorsque la température est plus élevée.

2.2. Pour les expériences A₁, A₂ et A₃ seule la température change. Pour l'expérience A₃, à la date t = 1200 s, on constate que la conductivité σ est devenue presque constante : la réaction est terminée. Or à cette même date, pour l'expérience B la conductivité augmente encore. La durée de réaction est plus courte pour l'expérience A₃, ainsi la vitesse de réaction est plus élevée lorsque la proportion eau / acétone est plus élevée.

Remarque : Le raisonnement ci-après a été donné par de nombreux candidats et accepté comme étant juste, mais il n'est pas rigoureusement correct car l'énoncé indique que K est une constante qui dépend du mélange considéré.

$\sigma_B(t = 1200 \text{ s}) < \sigma_{A_3}(t = 1200 \text{ s})$

La diminution de la proportion eau / acétone (Exp. B) a pour conséquence une diminution de la vitesse de réaction.



2.3. Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale.

2.4. La conductivité σ étant proportionnelle à l'avancement de la réaction, le temps de demi-réaction est aussi la durée au bout de laquelle la conductivité atteint la moitié de sa valeur finale.

On peut considérer que dans l'expérience A₃ l'état final a été atteint.

On trouve par lecture graphique $\sigma_f = 9 \text{ mS/cm}$, soit $\sigma_{1/2} = \frac{1}{2} \sigma_f = 4,5 \text{ ms/cm}$ et sur l'axe des abscisses on lit $t_{1/2} = 200 \text{ s}$

Exercice 3 (Obligatoire) : Dosage du cuivre dans une pièce

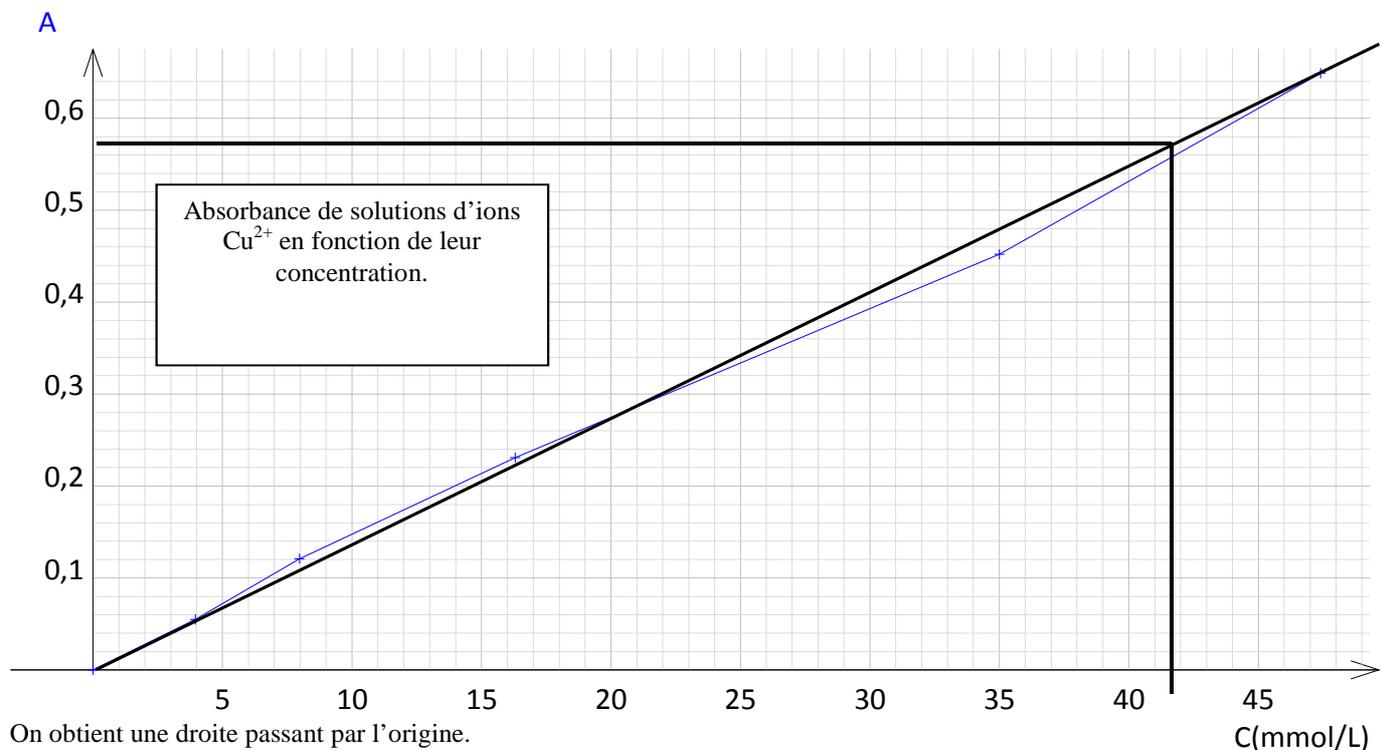
1.1. La couleur de la solution est la couleur complémentaire de la radiation correspondant au maximum d'absorbance.

L'absorbance de la solution d'ions cuivre (II) est maximale pour une longueur d'onde voisine de 800 nm, soit dans le rouge. D'après le tableau du document 1, la couleur de cette solution (qui est la couleur complémentaire du rouge) est donc le bleu - vert.

De même pour la solution d'ions fer (III), le maximum d'absorbance dans le visible étant à 400 nm dans le violet, cette solution a une couleur jaune - vert.

En opérant avec une radiation de longueur d'onde 800 nm, l'absorbance mesurée ne proviendra que des ions cuivre (II). Il n'y aura pas de contribution des ions fer (III).

1.2. Traçons la courbe d'étalonnage à partir des données du document 2.



L'absorbance est donc proportionnelle à la concentration de l'espèce absorbante (les ions cuivre (II)), ce qui se traduit par la formule $A = k \cdot c$. Ce résultat constitue la loi de Beer-Lambert.

2.1 La solution S a une absorbance $A = 0,575$. Avec la droite d'étalonnage, on obtient la concentration en ions cuivre (II) : $[\text{Cu}^{2+}] = 42 \text{ mmol.L}^{-1}$.

On en déduit la quantité d'ions présents dans la fiole jaugée de volume $V = 100 \text{ mL}$: $n(\text{Cu}^{2+}) = [\text{Cu}^{2+}] \cdot V$.

Elle est égale, d'après l'équation de la réaction donnée dans l'énoncé, à la quantité de cuivre $n(\text{Cu})$ présent dans la pièce de monnaie.

La masse de cuivre de la pièce de monnaie s'obtient donc par la formule $m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu})$ soit :

$$m(\text{Cu}) = [\text{Cu}^{2+}]_{\text{finale}} \cdot V \cdot M(\text{Cu})$$

AN : $m(\text{Cu}) = 42 \times 10^{-3} \times 0,100 \times 63,5 = 0,267 \text{ g}$.

2.2. La teneur massique en cuivre est définie par $T = \frac{m(\text{Cu})}{m_{\text{pièce}}}$

Sachant que la pièce de 5 centimes d'euros a une masse de 3,93 g,

$$T = \frac{2,6 \times 10^2 \times 10^{-3}}{3,93} = 0,066 = 6,6 \%$$

3.1. La moyenne des valeurs obtenues est $\bar{m} = 265$ mg et l'écart-type obtenu à l'aide de la formule du document 3 est $\sigma_{n-1} = 3,3$.

Pour un intervalle de confiance de 95 %, avec $k = 2$, l'incertitude élargie sur la moyenne est

$$U(\bar{m}) = 2 \times \frac{3,3}{\sqrt{10}} = 2,087 \text{ mg} = 3 \text{ mg (majorer le résultat, en gardant 1cs).}$$

3.2. L'intervalle pour les valeurs du mesurage, avec un niveau de confiance de 95%, est :

$$m = \bar{m} \pm U(\bar{m}) = 265 \pm 3 \text{ mg}$$

soit $262 \text{ mg} < m < 268 \text{ mg}$

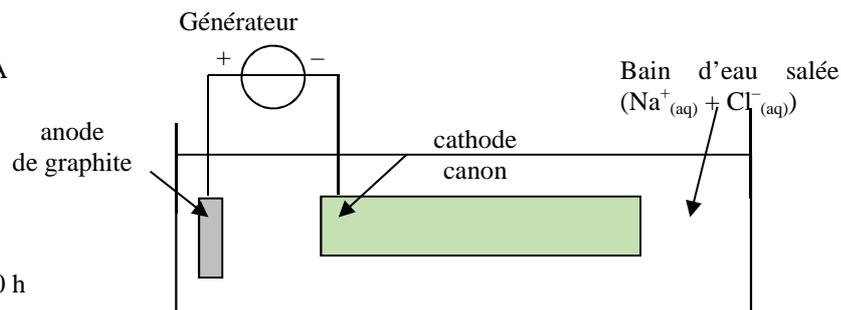
Exercice 3 (Spécialité) : Comment restaurer un canon ancien ?

Rapport de sécurité

À l'attention du directeur de l'usine de restauration.

Afin de restaurer le canon, il convient de réaliser une électrolyse suivant le dispositif expérimental ci-après.

Intensité du courant $I = 7,5$ A



Durée du traitement $\Delta t = 700$ h

À l'anode, il se produit une oxydation : $2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})} = \text{Cl}_{2(\text{g})} + 2 \text{e}^-$. Cette réaction produit un dégagement de dichlore gazeux $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ qui est un **gaz toxique**.

Évaluation du volume de gaz produit au cours de l'électrolyse :

D'après la demi-équation d'oxydation, on a $n_{\text{Cl}_2} = \frac{n_{\text{e}^-}}{2}$.

On a $I = \frac{Q}{\Delta t}$, soit $I = \frac{n_{\text{e}^-} \cdot q}{\Delta t}$.

Donc $n_{\text{e}^-} = \frac{I \cdot \Delta t}{q}$.

La quantité de matière de dichlore produite est $n_{\text{Cl}_2} = \frac{I \cdot \Delta t}{2q}$.

$n_{\text{Cl}_2} = \frac{V_{\text{Cl}_2}}{V_m}$, alors $\frac{V_{\text{Cl}_2}}{V_m} = \frac{I \cdot \Delta t}{2q}$

Le volume de dichlore libéré s'exprime ainsi $V_{\text{Cl}_2} = \frac{I \cdot \Delta t \cdot V_m}{2q}$.

Calculons sa valeur : $V_{\text{Cl}_2} = \frac{7,5 \times 700 \times 3600 \times 24,0}{2 \times 9,65 \times 10^4} = 2,4 \times 10^3 \text{ L}$ soit $2,4 \text{ m}^3$.

Le volume de gaz toxique est élevé.

Il est indispensable de réaliser cette électrolyse sous une hotte pour collecter ce gaz toxique. De plus un pictogramme avec une tête de mort sera affiché clairement.

À la cathode, il se produit une réduction : $2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2 \text{e}^- = \text{H}_{2(g)} + 2 \text{HO}^-_{(aq)}$. Cette réaction produit un dégagement gazeux de dihydrogène $\text{H}_{2(g)}$ qui est un **gaz inflammable**.

Là encore, la hotte est indispensable. Mais il faut aussi prévoir d'indiquer clairement dans le local l'interdiction absolue de flamme nue. Un pictogramme inflammable sera affiché.

D'autre part, comme le montre la coloration rose de la phénolphthaléine, des ions hydroxyde $\text{HO}^-_{(aq)}$ sont produits, rendant le bain d'électrolyse corrosif. Il faut prévoir le traitement de ce bain après usage, en aucun cas il ne faut le rejeter directement dans la nature.

Un pictogramme corrosif sera affiché.

Enfin, l'intensité du courant électrique est très élevée et elle nécessite d'indiquer ce risque électrique dans le local.

En conclusion, la restauration du canon ne peut être réalisée que par des personnes formées à la sécurité chimique et dans des locaux adaptés.