Et vogue mon bateau !

Bac S 2009 Polynésie (ancien programme) · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Écrire, en milieu acide, les deux demi-équations dans le sens où elles se produisent et préciser pour chacune s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

Données utiles couples $Fe^{2+}(aq)/Fe(s)$ et $O_2(g)/H_2O(l)$

Le fer est oxydé : il cède des électrons.

$Fe(s) = Fe^{2+}(aq) + 2e^-$ (**oxydation**)

Le dioxygène, oxydant de l'autre couple, capte ces électrons.

$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- = 2H_2O(l)$ (**réduction**)

Oxydation du fer : $Fe = Fe^{2+} + 2e^-$; réduction du dioxygène : $O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$

PIÈGE
Écrire la demi-équation du fer dans le sens du couple ($Fe^{2+} + 2e^- = Fe$) : l'énoncé demande le sens réel, celui où le fer disparaît.

MÉTHODE
Équilibrer une demi-équation en milieu acide : l'élément principal, puis O avec H_2O, puis H avec H^+, enfin les charges avec des électrons.

1.2 Écrire l'équation de la réaction de corrosion.

Le dioxygène capte 4 électrons, un atome de fer en cède 2 : on multiplie la demi-équation du fer par 2, puis on additionne.

$2Fe(s) + O_2(g) + 4H^+(aq) = 2Fe^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$

COMPRENDRE
Aucun électron ne doit rester dans le bilan. Vérification rapide des charges : $4+$ à gauche, $2 \times 2+ = 4+$ à droite.

2.1.1 Sur le schéma de la pile (document 1), indiquer la polarité des électrodes, le sens du courant I et le sens de circulation des électrons.

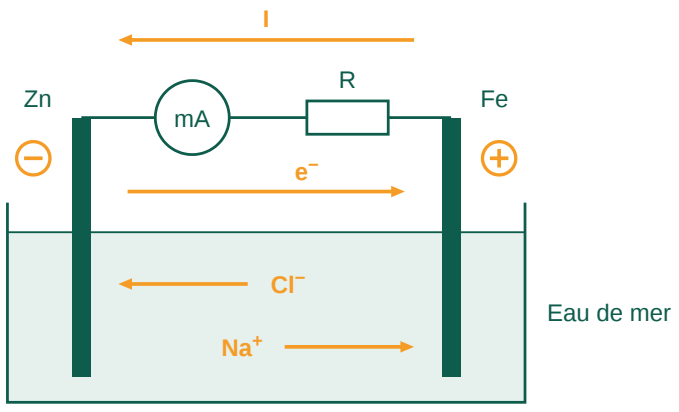
D'après le schéma conventionnel, le zinc est la borne négative et le fer la borne positive.

Dans le circuit extérieur (fil, milliampèremètre, résistance), le courant sort de la borne $+$: il va du fer vers le zinc.

Les électrons se déplacent en sens inverse du courant : du zinc vers le fer.

Zn : pôle $-$; Fe : pôle $+$; I du fer vers le zinc dans le fil ; électrons du zinc vers le fer.

COMPRENDRE
Le zinc s'oxyde et libère des électrons dans le fil : c'est l'anode, pôle négatif d'une pile. Ces électrons sont consommés sur le fer, la cathode.



2.1.1 · Document 1 complété (questions 2.1.1 et 2.1.2)

2.1.2 Préciser vers quelle électrode se dirige chacun des ions $\mathrm{Na^+}$ et $\mathrm{Cl^-}$ de l'eau de mer.

Dans la solution, le courant est porté par les ions. Les cations se déplacent dans le sens du courant, les anions en sens inverse. Dans l'eau, le courant va du zinc vers le fer (le circuit est fermé).

Autre lecture : autour du zinc apparaissent des cations $\mathrm{Zn^{2+}}$, compensés par l'arrivée d'anions ; autour du fer, des ions $\mathrm{H^+}$ disparaissent, ce que compense l'arrivée de cations.

Les ions $\mathrm{Na^+}$ vont vers l'électrode de fer, les ions $\mathrm{Cl^-}$ vers l'électrode de zinc.

PIÈGE
Faire circuler des électrons dans l'eau. Les électrons ne quittent pas les métaux ; dans la solution, seuls les ions se déplacent.

2.2 À l'aide du schéma conventionnel de la pile, montrer que l'équation de la réaction est $\mathrm{Zn\,(s) + 2\,H^+\,(aq) = H_2\,(g) + Zn^{2+}\,(aq)}$.

Le schéma conventionnel fait apparaître les couples $\mathrm{Zn^{2+}(aq)/Zn\,(s)}$ et $\mathrm{H^+(aq)/H_2\,(g)}$.

Au pôle négatif, le zinc fournit les électrons : $\mathrm{Zn\,(s) = Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^-}$ (oxydation).

Au pôle positif, les électrons arrivent sur le fer, qui ne réagit pas ; ils sont captés par les ions $\mathrm{H^+}$ de la solution : $\mathrm{2\,H^+\,(aq) + 2\,e^- = H_2\,(g)}$ (réduction).

Chaque demi-équation met en jeu 2 électrons : on additionne membre à membre.

$\mathrm{Zn\,(s) + 2\,H^+\,(aq) = H_2\,(g) + Zn^{2+}\,(aq)}$: c'est l'équation attendue.

COMPRENDRE
Le fer ne sert que de conducteur : il reçoit les électrons du zinc au lieu de céder les siens. Le zinc est consommé à sa place, d'où le nom d'anode « sacrificielle ».

2.3.1 Le courant d'intensité I étant constant, exprimer la quantité d'électricité Q échangée pendant la durée Δt.

$Q = I \times \Delta t$, avec Q en coulombs (C), I en ampères (A) et Δt en secondes (s).

2.3.2 Exprimer Q en fonction de n_e et du Faraday F. En déduire n_e en fonction de I, Δt et F.

Une mole d'électrons transporte la charge F, donc n_e moles transportent $Q = n_e \times F$.

En égalant les deux expressions de Q : $n_e \times F = I \times \Delta t$.

$Q = n_e \times F$ d'où $n_e = \dfrac{I \times \Delta t}{F}$

2.3.3 Donner la relation entre la quantité de zinc disparue n_{Zn} et la quantité d'électrons qui circulent. En déduire l'expression de n_{Zn} pour une durée Δt.

D'après $\mathrm{Zn\,(s) = Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^-}$, la disparition d'une mole de zinc libère deux moles d'électrons : $n_{\mathrm{Zn}} = \dfrac{n_e}{2}$.

$n_{\mathrm{Zn}} = \dfrac{n_e}{2} = \dfrac{I \times \Delta t}{2F}$

PIÈGE
Inverser le facteur 2 et écrire $n_{\mathrm{Zn}} = 2\,n_e$. Il y a deux fois plus d'électrons échangés que d'atomes de zinc consommés.

2.3.4 Établir l'expression de la masse m_{Zn} de zinc disparue pendant Δt, puis calculer sa valeur.

Données utiles $I = 0{,}25$ A ; $F = 9{,}65 \times 10^4$ C · mol^{-1} ; $M_{Zn} = 65{,}4$ g · mol^{-1} ; $\Delta t = 60$ jours ; n_{Zn} (2.3.3)

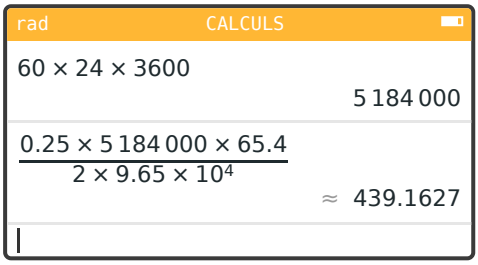
$m_{Zn} = n_{Zn} \times M_{Zn}$, soit $m_{Zn} = \dfrac{I \times \Delta t \times M_{Zn}}{2F}$

Durée en secondes : $\Delta t = 60 \times 24 \times 3600 = 5{,}184 \times 10^6$ s.

$$m_{Zn} = \frac{0{,}25 \times 5{,}184 \times 10^6 \times 65{,}4}{2 \times 9{,}65 \times 10^4} = 4{,}4 \times 10^2 \text{ g}$$

$m_{Zn} = 4{,}4 \times 10^2$ g : environ 440 g de zinc consommés en 60 jours.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Laisser Δt en jours ou en heures. Avec I en ampères et F en C · mol^{-1}, la durée doit être en secondes.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $I = 0{,}25$ A, la donnée la moins précise. Cette masse explique pourquoi les plaques de zinc d'une coque doivent être remplacées régulièrement.

3.1 L'onde formée à la surface de l'eau est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

Au passage de l'onde, l'eau de la surface se soulève puis s'abaisse : la déformation est verticale. L'onde, elle, se propage horizontalement, à la surface de l'eau.

La direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.

L'onde est **transversale**.

MÉTHODE
Comparer deux directions : celle du déplacement de la matière et celle de la propagation. Perpendiculaires : onde transversale. Identiques : onde longitudinale.

3.2.1 Associer à chaque position a et b du front de l'onde l'instant t_1 ou t_2 correspondant. Justifier.

Données utiles $t_2 - t_1 = 3{,}0$ s ; cercle b à l'intérieur du cercle a

L'onde part du point de chute de l'ancre et s'en éloigne : le rayon du front d'onde augmente au cours du temps.

Comme $t_2 > t_1$, le petit cercle correspond à l'instant le plus ancien.

Position b (petit cercle) : instant t_1 ; position a (grand cercle) : instant t_2.

3.2.2 Déterminer la célérité v de l'onde.

Données utiles schéma à l'échelle 1/100 ; $t_2 - t_1 = 3{,}0$ s

Entre t_1 et t_2, le front d'onde avance de la distance d qui sépare les deux cercles (différence des rayons).

Mesure sur le schéma : 1,2 cm. À l'échelle 1/100 : $d = 1{,}2 \times 100 = 120 \text{ cm} = 1{,}2 \text{ m}$.

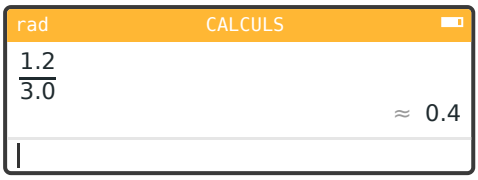
$$v = \frac{d}{t_2 - t_1} = \frac{1{,}2}{3{,}0} = 0{,}40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = 0{,}40$ m · s^{-1}

PIÈGE
Prendre le rayon ou le diamètre d'un cercle comme distance parcourue. L'onde va de b à a : c'est l'écart entre les deux cercles, mesuré le long d'un rayon, qui compte.

COMPRENDRE
Échelle 1/100 : 1 cm sur le schéma représente 100 cm en réalité. La mesure dépend de l'impression du sujet ; elle doit être faite à la règle sur le document fourni.

À LA CALCULATRICE



4.1 Déterminer la période T de l'onde progressive périodique obtenue, puis sa fréquence f.

Données utiles $n = 60$ gouttes en $\Delta t = 30$ s

La période de l'onde est la durée qui sépare la chute de deux gouttes successives. Entre la première et la soixantième goutte, il y a $n - 1 = 59$ intervalles.

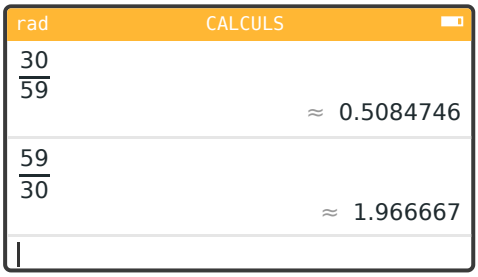
$$T = \frac{\Delta t}{n-1} = \frac{30}{59} = 0{,}51 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{59}{30} = 2{,}0 \text{ Hz}$$

$\boxed{T = 0{,}51 \text{ s et } f = 2{,}0 \text{ Hz}}$

COMPRENDRE
L'énoncé dit « environ 60 gouttes » : le calcul $T = 30 \div 60 = 0{,}50$ s est aussi recevable. Avec deux chiffres significatifs, la fréquence vaut 2,0 Hz dans les deux cas.

À LA CALCULATRICE



4.2.1 Déterminer la longueur d'onde λ avec la plus grande précision possible, à partir du document 2.

Données utiles document 2 à l'échelle 1/8 ; 7 crêtes tracées

La longueur d'onde est la distance entre deux crêtes consécutives. Pour limiter l'erreur de lecture, on mesure la distance entre la première et la septième crête, soit 6λ.

Mesure sur le document 2 : 6λ correspond à 3,7 cm. À l'échelle 1/8 : $6\lambda = 3{,}7 \times 8 = 29{,}6$ cm.

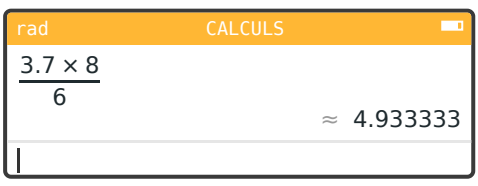
$$\lambda = \frac{3{,}7 \times 8}{6} = 4{,}9 \text{ cm}$$

$\boxed{\lambda = 4{,}9 \text{ cm} = 4{,}9 \times 10^{-2} \text{ m}}$

PIÈGE
Compter 7 longueurs d'onde pour 7 crêtes : il n'y a que 6 intervalles. Selon l'impression, la mesure peut donner 3,8 cm, soit $\lambda = 5{,}1$ cm : valeur également acceptable.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs longueurs d'onde d'un coup : l'erreur de lecture (environ 1 mm) est alors divisée par le nombre d'intervalles.

À LA CALCULATRICE



4.2.2 En déduire la célérité v' de l'onde.

Données utiles λ (4.2.1) ; T (4.1)

Pendant une période T, l'onde progresse d'une longueur d'onde : $v' = \dfrac{\lambda}{T}$.

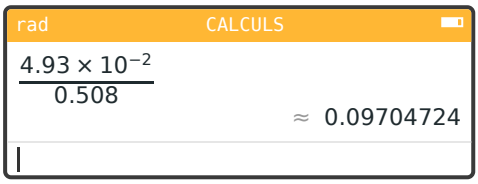
$$v' = \frac{4{,}93 \times 10^{-2}}{0{,}508} = 9{,}7 \times 10^{-2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v' = 9{,}7 \times 10^{-2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit environ $0{,}10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Laisser λ en centimètres : le résultat serait en $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$. Les valeurs non arrondies de λ et de T sont utilisées dans le calcul.

COMPRENDRE
Cette célérité diffère de celle de la partie 3 ($0{,}40\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) : à la surface de l'eau, la célérité dépend de la fréquence de l'onde. Le milieu est dit dispersif.

À LA CALCULATRICE



4.3 Représenter sur le document 2 la forme de plusieurs crêtes de l'onde après son passage par les fentes 1 et 2. Justifier précisément chaque réponse.

Données utiles échelle 1/8 ; $\lambda = 4{,}9$ cm (4.2.1)

On compare la largeur de chaque fente à la longueur d'onde.

Fente 2 : largeur d'environ 0,3 cm sur le document, soit $a_2 \approx 0{,}3 \times 8 = 2{,}4$ cm. Comme $a_2 < \lambda$, l'onde est diffractée. La fente se comporte comme une source ponctuelle : après elle, les crêtes sont des demi-cercles centrés sur la fente.

Fente 1 : largeur d'environ 3,2 cm sur le document, soit $a_1 \approx 3{,}2 \times 8 = 26$ cm. Comme a_1 vaut environ 5λ, la diffraction est négligeable. L'onde est seulement limitée par l'ouverture : les crêtes restent des arcs de cercle centrés sur le point de chute.

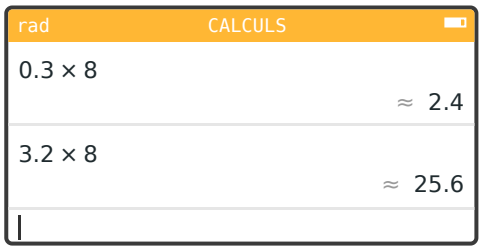
Dans les deux cas, la fréquence et la célérité sont inchangées : l'écart entre deux crêtes reste égal à λ.

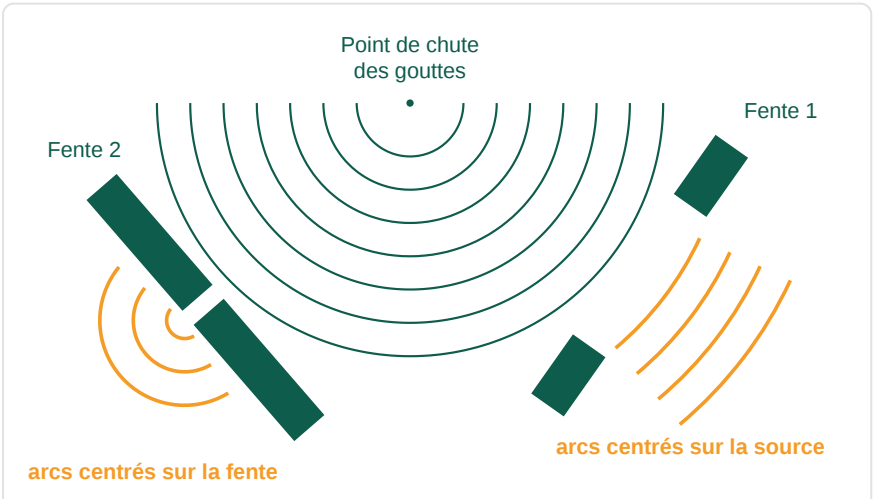
Fente 2 ($a_2 < \lambda$) : diffraction, crêtes en demi-cercles centrés sur la fente. Fente 1 ($a_1 \approx 5\lambda$) : pas de diffraction notable, arcs centrés sur la source. Même λ partout.

PIÈGE
Resserrer ou écarter les crêtes après la fente. La diffraction change la direction de propagation, pas la longueur d'onde : l'espacement tracé doit être le même qu'avant l'obstacle.

MÉTHODE
Diffraction nette si l'ouverture est de l'ordre de λ ou plus petite ; peu visible si elle est grande devant λ. Toujours chiffrer la comparaison.

À LA CALCULATRICE





4.3 · Document 2 complété : crêtes après les fentes, même longueur d'onde qu'avant

5.1 Répondre par VRAI ou FAUX (document 3). Le son est une onde : a – mécanique ; b – transversale ; c – longitudinale.

a : VRAI ; b : FAUX ; c : VRAI

COMPRENDRE
Le son a besoin d'un milieu matériel. Les tranches d'air se compriment et se dilatent dans la direction où le son se propage : l'onde est longitudinale.

5.2 Répondre par VRAI ou FAUX. La lumière du Soleil est une onde : a – mécanique ; b – monochromatique ; c – qui se propage moins vite dans l'eau que dans l'air.

Données utiles indice moyen de réfraction de l'eau : $n = 1{,}3$

a : FAUX ; b : FAUX ; c : VRAI

COMPRENDRE
La lumière traverse le vide : onde électromagnétique, non mécanique. Celle du Soleil est polychromatique. Dans l'eau, $v = \frac{c}{n}$ avec $n = 1{,}3 > 1$: elle va moins vite que dans l'air ($n \approx 1{,}0$).

5.3 Répondre par VRAI ou FAUX. Un faisceau de lumière visible se diffracte quand il arrive sur : a – une fente de largeur 1 cm ; b – un fil de diamètre 1 µm ; c – un dioptre air/eau.

a : FAUX ; b : VRAI ; c : FAUX

PIÈGE
Toute mauvaise réponse retire des points : en cas de doute réel sur une case, mieux vaut la laisser vide que répondre au hasard.

COMPRENDRE
Longueurs d'onde du visible : 400 à 800 nm. Un fil de 1 µm est du même ordre de grandeur : diffraction. Une fente de 1 cm est plus de 10 000 fois trop large. Sur un dioptre, la lumière est réfractée.