

Physique Chimie 2011 – série S Obligatoire ; Proposition de Corrigé

EXERCICE 1 : LE LUMINOL AU SERVICE DE LA POLICE SCIENTIFIQUE (6,5 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

| | Réponses | Barème | Commentaires |
|--------|--|--------------|---|
| 1.1. | <ul style="list-style-type: none"> - La lumière est une onde électromagnétique. - La lumière peut se propager dans le vide tandis qu'une onde mécanique a besoin d'un milieu matériel pour se propager. | 0,25 0,25 | 0,25 ou 0 |
| 1.2. | <ul style="list-style-type: none"> - $E = h.c / \lambda = 6,63.10^{-34} \times 3.10^8 / 400.10^{-9} \approx 5,0.10^{-19} \text{ J}$ - Faux : $\lambda (\text{Rouge}) > \lambda (\text{Bleu}) \Rightarrow E (\text{Rouge}) < E (\text{Bleu})$ | 0,25 0,25 | |
| 2.1. | Oxydant = espèce chimique capable de capter 1 ou plusieurs électrons. | 0,25 | |
| 2.2.1 | Equation du dosage : $2 \text{MnO}_4^- (\text{aq}) + 5 \text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) + 6 \text{H}^+ (\text{aq}) = 2 \text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 5 \text{O}_2 (\text{aq}) + 8 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$ | 0,50 | Les demi-équations ne sont pas exigées. Equation acceptée si \rightarrow au lieu de = |
| 2.2.2. | À l'équivalence, <ul style="list-style-type: none"> - les réactifs ont été introduits sans les proportions stœchiométriques ou <ul style="list-style-type: none"> - il y a changement de réactif limitant. | 0,25 | Toute définition correcte est acceptée |
| 2.2.3. | A l'équivalence, $5 n(\text{MnO}_4^-)_{\text{versé}} = 2 n(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{dosé}}$ d'où $5 C_0 V_0 = 2 C_R \cdot V_R$ c'est-à-dire $C_R = \frac{5 C_0 V_0}{2 C_R} = \frac{5 \times 0,50 \times 8,0}{2 \times 10,0} = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ ce qui donne, pour la solution d'eau oxygénée à 110 volumes, une concentration $C = 10 C_R = 10 \text{ mol.L}^{-1}$, On retrouve une valeur voisine de la valeur annoncée ($9,8 \text{ mol.L}^{-1}$). | 0,50 0,25 | Un tableau d'avancement n'est pas exigé. |
| 3.1.1 | D'après la loi des gaz parfaits, <ul style="list-style-type: none"> - $P_0 = \frac{n(\text{air}) R \cdot T}{V_{\text{gaz}}}$ relation (1) | 0,25 | |
| 3.1.2 | <ul style="list-style-type: none"> - $P = \frac{[n(\text{air}) + n(\text{N}_2)] R \cdot T}{V_{\text{gaz}}}$ relation (2) | 0,25 | |
| 3.1.3 | En faisant (2) - (1), on obtient $P - P_0 = \frac{[n(\text{air}) + n(\text{N}_2)] R \cdot T}{V_{\text{gaz}}} - \frac{n(\text{air}) R \cdot T}{V_{\text{gaz}}}$ $= \frac{n(\text{N}_2) R \cdot T}{V_{\text{gaz}}} \quad \text{relation (3)}$ | 0,5 | |

| 3.2 | <p>Tableau d'avancement simplifié</p> <table border="1" data-bbox="201 174 1107 490"> <thead> <tr> <th colspan="2">Équation</th> <th colspan="3">2 C₈H₇N₃O₂(aq) + 7 H₂O₂(aq) + ... = 2 N₂ (g) + ..</th> </tr> <tr> <th>Etat</th> <th>Avanc</th> <th>n(C₈H₇N₃O₂)</th> <th>n(H₂O₂)</th> <th>n(N₂)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Etat initial</td> <td>0</td> <td>n₁ = 5,6.10⁻³ mol</td> <td>n₂ = 4,9.10⁻³ mol</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Etat inter</td> <td>x</td> <td>5,6.10⁻³ - 2x</td> <td>4,9.10⁻³ - 7x</td> <td>2x</td> </tr> <tr> <td>Etat final</td> <td>x_{max}</td> <td>5,6.10⁻³ - 2x_{max}</td> <td>4,9.10⁻³ - 7x_{max}</td> <td>2x_{max}</td> </tr> </tbody> </table> <p>Conclusion : x_{max} = 5,6.10⁻³ / 2 = 2,8 10⁻³ mol ou x_{max} = 4,9.10⁻³ / 7 = 0,70 10⁻³ mol.</p> <p>On retient la valeur x_{max} = 7,0 10⁻⁴ mol.</p> | Équation | | 2 C ₈ H ₇ N ₃ O ₂ (aq) + 7 H ₂ O ₂ (aq) + ... = 2 N ₂ (g) + .. | | | Etat | Avanc | n(C ₈ H ₇ N ₃ O ₂) | n(H ₂ O ₂) | n(N ₂) | Etat initial | 0 | n ₁ = 5,6.10 ⁻³ mol | n ₂ = 4,9.10 ⁻³ mol | 0 | Etat inter | x | 5,6.10⁻³ - 2x | 4,9.10⁻³ - 7x | 2x | Etat final | x _{max} | 5,6.10⁻³ - 2x_{max} | 4,9.10⁻³ - 7x_{max} | 2x_{max} | 0,25 0,25 | |
|--------------|--|---|--|---|--|--|------|-------|---|-----------------------------------|--------------------|--------------|---|---|---|----------|------------|---|---------------------------------|---------------------------------|-----------|------------|------------------|---|---|-------------------------|------------------|--|
| Équation | | 2 C ₈ H ₇ N ₃ O ₂ (aq) + 7 H ₂ O ₂ (aq) + ... = 2 N ₂ (g) + .. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Etat | Avanc | n(C ₈ H ₇ N ₃ O ₂) | n(H ₂ O ₂) | n(N ₂) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Etat initial | 0 | n ₁ = 5,6.10 ⁻³ mol | n ₂ = 4,9.10 ⁻³ mol | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Etat inter | x | 5,6.10⁻³ - 2x | 4,9.10⁻³ - 7x | 2x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Etat final | x _{max} | 5,6.10⁻³ - 2x_{max} | 4,9.10⁻³ - 7x_{max} | 2x_{max} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.3 | <p>D'après le tableau d'avancement (et le texte) , $x = \frac{n(N_2)}{2}$</p> <p>D'après la relation (3) , $n(N_2) = \frac{(P - P_0).V_{gaz}}{R.T}$</p> <p>ce qui donne $x = \frac{(P - P_0).V_{gaz}}{2R.T}$ relation (4)</p> | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.4. | <p>D'après la relation (4) , $x_{max} = \frac{(P - P_0).V_{gaz}}{2 R.T}$ = 1660 x 2,1.10⁻³ / (2 x 8,3 x 300) = 7,0.10⁻⁴ mol</p> | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.5.1. | <p>La vitesse diminue au cours du temps (tangentes à la courbe x=f(t) de moins en moins pentues). En effet, la concentration en réactifs diminue lorsque la réaction évolue.</p> | 0,25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.5.2. | <ul style="list-style-type: none"> - t_{1/2} = intervalle de temps au bout duquel x est égal à x_{max} / 2. - x_{1/2} = x_{max} / 2 ⇒ d'après le graphe x=f(t), t_{1/2} ≈ 2τ = 4,0 s | 0,25 0,25 | x _{1/2} et t _{1/2} doivent apparaître sur la courbe x = f(t) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1. | <p>Catalyseur = espèce chimique qui accélère une réaction chimique [(thermodynamiquement possible). Retrouvée intacte en fin de réaction, elle n'apparaît pas dans l'équation-bilan]</p> | 0,25 | Ce qui est entre crochet n'est pas exigée. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.2. | <p>Le sang comporte des ions fer III. En présence du mélange « luminol + eau oxygénée », il conduit <u>rapidement</u> à l'apparition de luminescences bleues <u>visibles</u>. Les techniciens de la police scientifique peuvent donc repérer des traces de sang même invisibles à l'œil nu.</p> | 0,25 | Toute explication correcte est acceptée. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

EXERCICE 2 : PILE AU LITHIUM CONTRE SUPER CONDENSATEUR (5,5 points)

| | Réponses | Barème | Commentaires |
|-----------|---|------------------|--------------|
| 1. | Accumulateur au lithium | | |
| 1.1.1 | Par définition $Q = I \cdot \Delta t$ donc $I = Q / \Delta t = 216 \text{ A}$ | 0,25 | |
| 1.1.2 | Les intensités utilisées en laboratoire sont beaucoup trop faibles (quelques mA au lieu d'environ 220A) pour permettre une recharge aussi rapide. | 0,25 | |
| 1.2.1 | La demi- pile contient des ions Li^+ qui peuvent capter un électron selon $\text{Li}^+ + e^- = \text{Li}$. C'est une réduction qui se produit donc à la cathode. | 0,25 0,25 | |
| 1.2.2 | Dans une pile, la transformation est spontanée. Par suite le système évolue dans le sens direct et par conséquent $Q_r < K$. | 0,25 0,25 | |
| 1.2.3 | $Q = n_e \cdot F = I \cdot \Delta t$ D'après l'équation de la réduction on peut écrire : $n_e = n_{\text{Li+consommé}} = n_{\text{Li formé}}$ donc $n_{\text{Li+consommé}} = 4,32 \cdot 10^3 / 96500 = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ $n_{\text{Li formé}} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ et $m_{\text{Li}} = n_{\text{Li}} \cdot M_{\text{Li}} = 0,31 \text{ g}$. | 0,25 0,25 | |
| 2. | Le supercondensateur | | |
| 2.1 | Par définition $\tau = RC$ $[R] = U/I$ et $[C] = I \cdot T / U$ puisque $q = C \cdot u = I \cdot t$ donc $C = I \cdot t / u$; par suite $[\tau] = [R] \cdot [C] = U \cdot I \cdot T / I \cdot U = T$ La constante de temps est bien homogène à un temps. | 0,25 0,25 | |
| 2.2 | $\Delta t = 5 \tau$ donc $\tau = \Delta t / 5 = 6 \cdot 60 / 5 = 72 \text{ s}$. Puisque $\tau = RC$ alors $C = \tau / R = 72 \text{ F}$. Capacité très élevée, on ne la rencontre pas au laboratoire. | 0,25 0,25 | |
| 2.3 | Par définition $i = dq / dt$ | 0,25 | |
| 2.4 | Avec les conventions proposées, on peut écrire : • $u_R = R \cdot i = R \cdot dq/dt$; puisque $q = C \cdot u_C$ alors $dq/dt = C \cdot du_C/dt$ donc $u_R = RC \cdot du_C/dt$; • loi d'additivité des tensions : $u_C + u_R = 0$ soit en substituant : $u_C + RC \cdot du_C/dt = 0$ soit $du_C/dt + 1/RC \cdot u_C = 0$ | 0,25 0,5 | |
| 2.5.1 | En dérivant par rapport à t la solution de l'équation, on trouve $du_C/dt = - A/\beta \cdot e^{-t/\beta}$ soit en substituant dans l'équation différentielle précédente : $- A/\beta \cdot e^{-t/\beta} + A/RC \cdot e^{-t/\beta} = 0$ donc quelque soit t , $\beta = RC$. | 0,5 | |
| 2.5.2 | De plus, à $t = 0$, $u_C = E = A \cdot e^0 = A$ | 0,25 | |
| 2.5.3 | d'où l'équation finale $u_C = E \cdot e^{-t/RC}$ | 0,25 | |
| 2.6 | Par définition, $i = dq / dt$ donc $i = -E/R \cdot e^{-t/RC}$. Cette intensité est négative ce qui traduit que le courant réel circule dans le circuit dans le sens opposé à celui choisi pour orienter le circuit. | 0,25 0,25 | |

EXERCICE 3 : RADARS ... ET EFFET DOPPLER (4 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

| | Réponses | Barème | Commentaires |
|--------|--|--------------|--------------|
| 1.1. | Faux : Une onde sonore est une onde longitudinale car direction de propagation et direction de déformation sont parallèles. | 0,25 | |
| 1.2. | Faux : Une onde mécanique se propage dans un <u>milieu matériel</u> (sans transport de matière). | 0,25 | |
| 1.3. | Faux : $\lambda = c/f$ avec c dépendant du milieu de propagation. | 0,25 | |
| 1.4. | Faux : : Un point M du milieu reproduit le mouvement de la source S avec un retard $\tau = SM / c = 51 / 340 = (17 \times 3) / (17 \times 20) = 3/20 = 0,15$ s | 0,25 | |
| 1.5. | Faux : à $t = 3T$, le front d'onde a parcouru $d = c \cdot 3T = 3c / f = 3 \times 340 / 680 = 3 \times 0,5 = 1,5$ m | 0,25 | |
| 1.6. | Vrai : $\lambda = c / f = 340 / 680 = 0,500$ m d'où $d' / \lambda = 55,0 / 0,500 = 110 \in \mathbb{N}$. Les deux points sont en phase. | 0,25 | |
| 1.7. | Faux : L'écho de l'onde revient en S à la date $t = 2 d'' / c = 2 \times 680 / 340 = 4,0$ s | 0,25 | |
| 2.1. | Un milieu dispersif est un milieu dans lequel la vitesse de propagation de l'onde qui s'y propage dépend de la fréquence de cette onde. L'air est un milieu non dispersif pour les ondes sonores. | 0,25 | |
| 2.2.1 | $\lambda = v \cdot T$ | 0,25 | |
| 2.2.2 | Le véhicule se rapproche de l'observateur : $\lambda' = \lambda - v \cdot T \Rightarrow \frac{c}{f'} = \frac{c}{f} - \frac{v}{f} = \frac{c - v}{f}$ $\Rightarrow f' = f \cdot \frac{c}{c - v} = f \left(\frac{1}{1 - \frac{v}{c}} \right)$ | 0,25 | |
| 2.2.3 | $> f \Rightarrow$ son plus aigu. | 0,25 | |
| 2.3.1. | Le véhicule s'éloigne de l'observateur : $\lambda'' = \lambda + v \cdot T \Rightarrow f' = f \cdot \frac{c}{c + v} = f \left(\frac{1}{1 + \frac{v}{c}} \right)$ | 0,5 | |
| 2.3.2 | $f' < f \Rightarrow$ son plus grave | 0,25 | |
| 2.4. | $\frac{c}{f'} = \frac{c}{f} - \frac{v}{f} \Rightarrow \frac{v}{f} = c \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{f'} \right)$ $\Rightarrow v = c \cdot f \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{f'} \right) = c \left(1 - \frac{f}{f'} \right)$ avec $f / f' = 19 / 20$ $= 340 \left(1 - 19 / 20 \right) = 17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $= 17 \times 3,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \approx 60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ | 0,25 0,25 | |