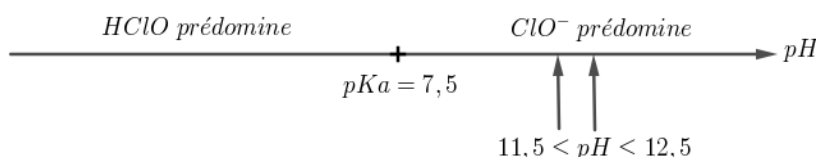


Sciences Physiques : Asie - Pacifique Jour 1 (10 juin 2024)

> Exercice 1 – Ne jamais mélanger eau de Javel et acide

Partie A – Étude du dégagement de dichlore

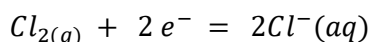
Q1. Diagramme de prédominance du couple HClO/ClO^- :



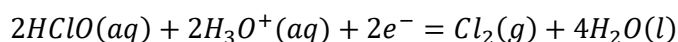
Q2. Le pH de l'eau de Javel est compris entre 11,5 et 12,5. C'est l'espèce ClO^- qui prédomine dans l'eau de Javel.

Q3. La solution S_m a un pH voisin de 0. C'est une solution très acide. D'après le diagramme de prédominance du couple HClO/ClO^- c'est l'espèce HClO qui prédomine à $\text{pH} = 0$. Les ions hypochlorite ClO^- ont presque tous été transformés en acide hypochloreux en captant les protons apportés par la solution d'acide chlorhydrique ménagé.

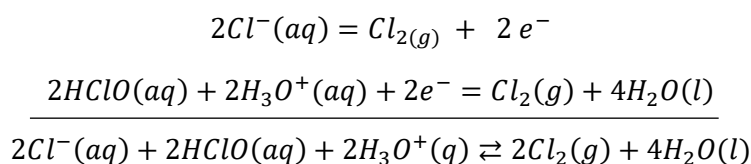
Q4. Demi-équation redox du couple Cl_2/Cl^- :



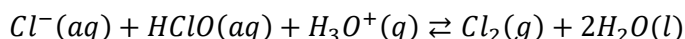
Demi-équation redox du couple HClO/Cl_2 :



Q5. Équation globale de la réaction des ions chlorure avec l'acide hypochloreux :



Après simplification des coefficients stœchiométriques on a :



Q6. D'après la stœchiométrie de la réaction : $\frac{n_{\text{HClO}}}{1} = \frac{n_{\text{Cl}_2}}{1}$ et $n_{\text{HClO}} = 0,40 \text{ mol}$

Ainsi $n_{\text{Cl}_2} = 0,40 \text{ mol}$.



Q7. Détermination du volume de gaz théoriquement produit :

$$V_{Cl_2} = n_{Cl_2} \times V_m$$

$$V_{Cl_2} = 0,40 \times 24$$

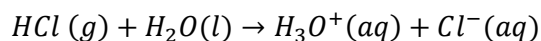
$$V_{Cl_2} = 9,6 \text{ L}$$

Le volume occupé par le gaz dichlore théoriquement produit est de 9,6 L .

Partie B – État de conservation de l'acide chlorhydrique

Q8. Détermination de la concentration en ions oxonium dans la solution commerciale :

La réaction de dissolution de l'acide chlorhydrique dans l'eau est totale :



La concentration en ions oxonium de la solution est égale à la concentration en soluté apporté.

$$C_a = \frac{n_a}{V}$$

$$C_a = \frac{\frac{m_{HCl}}{M_{HCl}}}{V}$$

$$C_a = \frac{w \times m_{solution}}{M_{HCl} \times V}$$

$$C_a = \frac{w \times \rho \times V}{M_{HCl} \times V}$$

$$C_a = \frac{w \times \rho}{M_{HCl}}$$

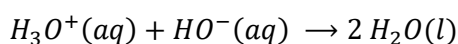
Application numérique :

$$C_a = \frac{0,23 \times 1120,0}{36,5}$$

$$C_a = 7,1 \text{ mol.L}^{-1}$$

La concentration en ions oxonium dans la solution commerciale devrait être voisine de 7 mol.L⁻¹.

Q9. Équation support du titrage entre l'ion oxonium et l'ion hydroxyde :



Q10. Par définition du facteur de dilution F on a :

$$F = \frac{C_a}{C_s} = \frac{V_s}{V_a}$$



$$V_a = \frac{V_s}{F}$$

$$V_a = \frac{1,0 \cdot 10^3}{500} = 2,0 \text{ mL}$$

Il faut prélever 2,0 mL de solution commerciale pour préparer 1,0 L de solution S.

Q11. Protocole de dilution :

Sous hotte aspirante, avec gants en latex, lunettes de protection et blouse en coton :

- Verser dans un bécher de 10 mL un peu de la solution commerciale.
- À l'aide d'une pipette jaugée de 2,0 mL munie d'une propipette, prélever 2,0 mL de solution commerciale.
- Introduire ce volume dans une fiole jaugée de 1 L.
- Remplir la fiole aux $\frac{3}{4}$ avec de l'eau distillée.
- Fermer la fiole et agiter.
- Compléter la fiole jusqu'au trait de jauge.
- Fermer et agiter à nouveau.

Q12. Exploitation des résultats du titrage pH-métrique :

Déterminons la concentration C_s de la solution S titrée :

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits en quantités stœchiométriques.

$$\frac{n_s}{1} = \frac{n_{(b,eq)}}{1}$$

$$C_s \times V_s = C_b \times V_{eq}$$

$$C_s = \frac{C_b \times V_{eq}}{V_s}$$

Déduisons-en la concentration en ions oxonium C_a de la solution commerciale :

$$C_a = 500 \times C_s$$

$$C_a = 500 \times \frac{C_b \times V_{eq}}{V_s}$$

Déterminons le volume de soude V_{eq} versé à l'équivalence :

D'après le document 2, la courbe $\frac{dpH}{dV_b}$ présente un pic en $V_{eq} = 14,0 \text{ mL}$. Le volume de soude versé pour atteindre l'équivalence est de 14,0 mL.

Application numérique :

$$C_a = 500 \times \frac{2,0 \cdot 10^{-2} \times 14,0 \cdot 10^{-3}}{20,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$C_a = 7,0 \text{ mol.L}^{-1}$$

La concentration en ions oxonium de la solution commerciale déterminée par titrage est de 7,0 mol.L⁻¹. On retrouve la concentration voisine de 7 mol.L⁻¹ estimée à la question 8.

Partie C – Conservation de l'eau de Javel

Q13. Le temps de demi-réaction est le temps au bout duquel la quantité initiale en réactif a été divisée par 2.

En travaillant à volume constant, le temps de demi-réaction est aussi le temps au bout duquel la concentration initiale en réactif a été divisée par 2.

Dans le cas de la courbe « 30°C » du document 3, on lit la concentration initiale C_0 à $t = 0$.

$$C_0 = 0,4 \text{ mol.L}^{-1}$$

On divise par 2 cette concentration :

$$\frac{C_0}{2} = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$$

Par lecteur graphique, on détermine l'antécédent de $\frac{C_0}{2}$.

On lit $t_{1/2} = 100$ jours.

Q14. On mesure selon la méthode décrite à la question précédente les temps de demi-réaction aux trois températures étudiées. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-après :

Température (°C)	$t_{1/2}$ (jour)
20	170
30	100
35	80

On constate que le temps de demi-réaction diminue quand la température de conservation de l'eau de Javel augmente. La température accélère la cinétique de la réaction de décomposition de l'eau de Javel.

Q15. La température est un facteur cinétique. En conservant au frais l'eau de Javel, on réduit le temps de demi-réaction de sa dégradation avec l'eau donc on prolonge sa concentration initiale en ions hypochlorite.



Q16. Déterminons le taux de dégradation de l'eau de Javel au bout de 18 mois :

$$18 \times 30 = 540 \text{ jours.}$$

À 20°C, le temps de demi-réaction de la réaction de dégradation de l'eau de Javel est de 170 jours.

$$\frac{540}{170} \approx 3,2$$

La concentration initiale en ions hypochlorite est divisée par 2 tous les $t_{1/2}$.

Il s'est écoulé 3 $t_{1/2}$ en 18 mois. La concentration initiale en ions hypochlorite a donc été divisée par 8.

Cela explique le faible dégagement gazeux observé lors de l'accident.

> Exercice 2 – Observation distante

Q1. D'après la trigonométrie appliquée à la situation décrite dans le document 1, on a :

$$\tan(\theta) = \frac{AB}{D} = \frac{L}{D}$$

Dans l'approximation des petits angles, on a $\tan(\theta) \approx \theta$

Ainsi
$$\theta = \frac{L}{D}$$

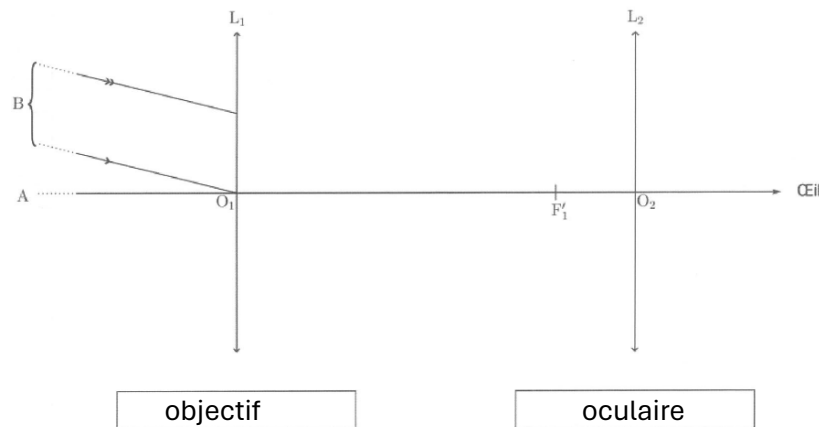
Application numérique :
$$\theta = \frac{44}{195 \cdot 10^3} = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

L'angle sous lequel l'observateur cherche à voir une pale de l'éolienne à l'œil nu est de $2,3 \cdot 10^{-4}$ rad.

Q2. Cet angle est inférieur au pouvoir séparateur de l'œil qui vaut $\varepsilon = 3,0 \cdot 10^{-4}$ rad.

L'observateur ne parvient pas à distinguer une pale à l'œil nu qu'il perçoit comme un point unique.

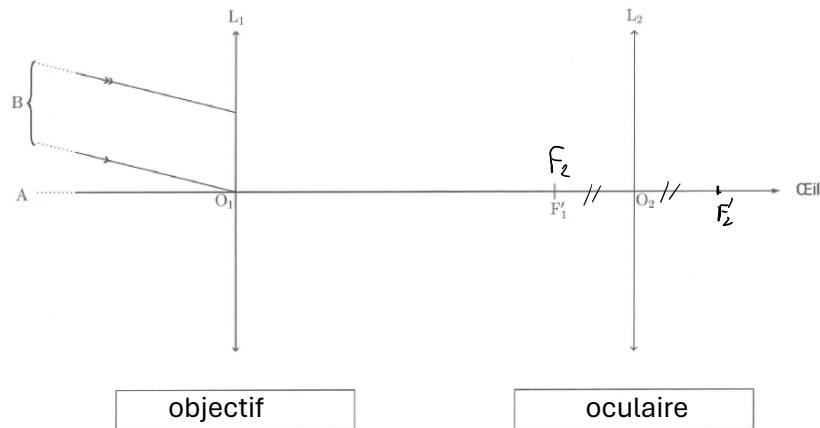
Q3. On note



Q4. L'objet observé par l'œil à travers la lentille est situé à l'infini. Son image intermédiaire à travers l'objectif se forme dans le plan focale image F'_1 de la lentille L_1 . Pour que l'image formée par l'oculaire soit située à l'infini, l'image intermédiaire qui devient objet pour L_2 doit se situer dans le plan focal objet F_2 de la lentille L_2 . Ainsi F'_1 et F_2 doivent être confondus pour former une lunette afocale.



Q5. F_2 est situé sur F'_1 et F'_2 est symétrique à F_2 par rapport à O_2 .

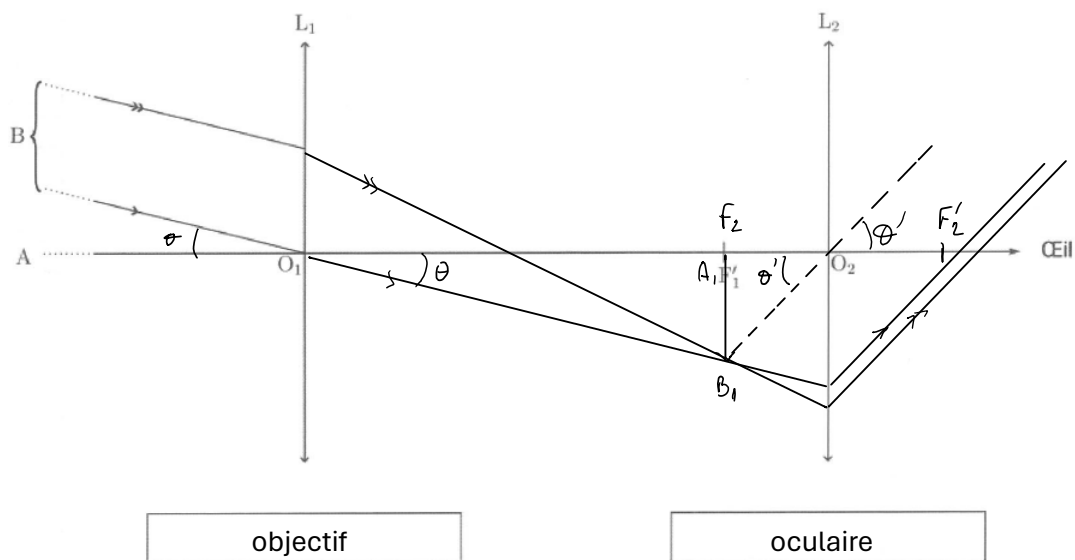


Q6. D'après la géométrie de la situation on a :

$$d = O_1O_2 = O_1F'_1 + F_2O_2$$

$$d = f'_1 + f'_2$$

Q7. et Q8.





Q9. Expression du grossissement G :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

Dans l'approximation des petits angles, $\tan \theta \approx \theta$

$$G = \frac{\tan \theta'}{\tan \theta}$$

$$\Leftrightarrow G = \frac{\frac{A_1 B_1}{F_2 O_2}}{\frac{A_1 B_1}{O_1 F_1}}$$

$$\Leftrightarrow G = \frac{A_1 B_1}{F_2 O_2} \times \frac{O_1 F_1}{A_1 B_1}$$

$$\Leftrightarrow G = \frac{O_1 F_1}{F_2 O_2}$$

$$\Leftrightarrow G = \frac{f'_1}{f'_2}$$

Q10. Choix des lentilles :

Compte tenu du critère d'observation, calculons le grossissement minimal de la lunette :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{4\varepsilon}{\theta}$$

$$G = 4 \times \frac{3,0 \cdot 10^{-4}}{2,3 \cdot 10^{-4}} = 5,2$$

Pour obtenir un grossissement supérieur ou égal à 5,2 avec les distances focales proposées, une seule combinaison de lentilles est possible : $f'_1 = 30,0 \text{ cm}$ et $f'_2 = 5,0 \text{ cm}$. Dans ces conditions, $G = \frac{30,0}{5,0} = 6$.

> **Exercice 3 – Au bonheur des hippocampes**

Q1. Les trois modes de transfert thermique pouvant contribuer au refroidissement de l'eau de l'aquarium sont la conduction, la convection et le rayonnement.

Q2. En l'absence de chauffage, la température de l'aquarium tend vers la température ambiante. L'eau de l'aquarium peut donc atteindre la température de 20°C.

Q3. Calculons la résistance thermique R_{th} :

$$R_{th} = \frac{e}{S_T \times \lambda} \text{ et } S_T = 2L \times H + 2P \times H + L \times P$$

$$R_{th} = \frac{8,0 \cdot 10^{-3}}{(2 \times 0,60 \times 0,40 + 2 \times 0,40 \times 0,40 + 0,60 \times 0,40) \times 0,17}$$

$$R_{th} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$$

La résistance thermique totale de l'aquarium est voisine de $4,6 \cdot 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$.

Q4. Calculons la puissance thermique P_{th} :

La puissance thermique P_{th} que doit apporter le système de chauffage est égale au flux thermique perdu par l'aquarium.

$$P_{th} = \Phi$$

$$P_{th} = \frac{\Delta\theta}{R_{th}}$$

$$P_{th} = \frac{26 - 20}{4,6 \cdot 10^{-2}}$$

$$P_{th} = 130 \text{ W}$$

La puissance thermique P_{th} que doit apporter le système de chauffage pour maintenir l'eau de l'aquarium à 26°C est de 130W.

Q5. En supposant que le soleil ne réchauffe pas la pièce et que la température extérieure reste égale à 20°C alors la température de l'eau va diminuer car la puissance reçue par le rayonnement solaire (30 W) est inférieure à la puissance nécessaire (130 W) pour maintenir l'eau à 26°C. Toutefois, la baisse de température sera plus lente.

Q6. À l'instant t , le système reçoit de la puissance thermique par rayonnement solaire et cède de la puissance thermique à l'air ambiant de la pièce.



Q7. Calculons le temps caractéristique du système étudié :

$$\tau = m \times c \times R_{th}$$

$$\tau = 100 \times 3930 \times 0,046$$

$$\tau = 1,8.10^4 \text{ s}$$

Q8. L'évolution de la température du système est donnée par :

$$\theta(t) = \theta_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + (\theta_{air} + R_{th} \times P_S) \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

En faisant tendre le temps t vers l'infini alors le terme $e^{-\frac{t}{\tau}}$ tend vers 0.

Ainsi
$$\theta_f = \theta(t_{\infty}) = \theta_{air} + R_{th} \times P_S$$

$$\theta_f = 20 + 0,046 \times 30$$

$$\theta_f = 21,38 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Q9. La température initiale de l'eau de l'aquarium est de 26°C.

Dans l'hypothèse d'un apport de puissance thermique uniquement solaire, la température finale de l'eau de l'aquarium se rapproche de 21,38°C.

Considérons une journée d'été d'ensoleillement durant $t = 10 \text{ h}$ ce qui est plutôt faible. En été, le jour dure 16h environ.

$$10 \text{ h} = 36000 \text{ s}$$

$$\theta(36000) = 26e^{-\frac{36000}{18000}} + (20 + 0,046 \times 30) \left(1 - e^{-\frac{36000}{18000}}\right)$$

$$\theta(36000) = 22^{\circ}\text{C}$$

Au bout de 10h d'ensoleillement, la température de l'eau de l'aquarium serait descendue à 22°C.

Il ne semble donc pas réaliste de pouvoir maintenir la température de l'eau entre 24°C et 28°C avec uniquement le Soleil.