

Sciences Physiques : Polynésie Jour 1 (19 juin 2024)

> **Exercice 1 – Coloration capillaire**

Q1. Déterminons le volume de solution S à prélever pour réaliser la dilution.

Le facteur de dilution est $F = 20$.

$$F = \frac{C_{\text{mère}}}{C_{\text{filles}}} = \frac{V_{\text{filles}}}{V_{\text{mère}}}$$

$$V_{\text{mère}} = \frac{V_{\text{filles}}}{F}$$

$$V_{\text{mère}} = \frac{100}{20} = 5,00 \text{ mL}$$

Protocole de dilution :

- Dans un bécher de 100 mL, verser la solution S.
- Prélever avec une pipette jaugée de 5,00 mL munie d'une propipette le volume $V = 5,00$ mL de solution S.
- Déposer ce prélèvement dans une fiole jaugée de 100 mL.
- Ajouter de l'eau distillée au 3/4, fermer et agiter la fiole.
- Compléter la fiole avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
- Fermer et agiter une dernière fois pour homogénéiser la solution.

Q2. À l'équivalence les réactifs ont été introduits en quantités stœchiométriques. D'après l'équation de la réaction on a :

$$\frac{n_1}{5} = \frac{n_{2E}}{2}$$

$$n_1 = \frac{5}{2} n_{2E}$$

Q3. Détermination de c_1

D'après la relation précédente :

$$c_1 \times V_1 = \frac{5}{2} c_2 \times V_E$$

$$c_1 = \frac{5}{2} \times \frac{c_2 \times V_E}{V_1}$$

$$c_1 = \frac{5}{2} \times \frac{2,00 \cdot 10^{-2} \times 18,1 \cdot 10^{-3}}{10,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$c_1 = 9,05 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La concentration en peroxyde d'hydrogène de la solution S_{20} est $c_1 = 9,05 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Q4. La solution S est 20 fois plus concentrée que la solution S_{20} .

$$c = 20 \times c_1$$

$$c = 20 \times 9,05 \cdot 10^{-2}$$

$$c = 1,81 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La concentration en peroxyde d'hydrogène de la solution S est $c = 1,81 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Q5. Déterminons la concentration de la solution n°2.

D'après la définition du pourcentage massique w :

$$w = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}}$$

$$w = \frac{cVM_{H_2O_2}}{\rho V}$$

$$w = \frac{cM_{H_2O_2}}{\rho}$$

$$c = w \times \frac{\rho}{M_{H_2O_2}}$$

$$c = 0,06 \times \frac{1022}{34}$$

$$c = 1,80 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La solution 2 et la solution S ont la même concentration. La solution oxydante étudiée est la solution n°2.

Q6. Déterminons le volume de dioxygène libéré par la décomposition de $V = 1 \text{ L}$ de peroxyde d'hydrogène :

La réaction étant totale on a :

$$\frac{n_{H_2O_2}}{2} = \frac{n_{O_2}}{1}$$

$$n_{O_2} = \frac{1}{2} \times \frac{m_{H_2O_2}}{M_{H_2O_2}}$$



$$n_{O_2} = \frac{1}{2} \times \frac{t \times \rho \times V}{M_{H_2O_2}}$$

et

$$V_{O_2} = n_{O_2} \times V_m$$

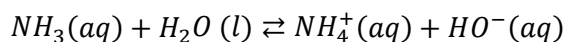
$$V_{O_2} = \frac{1}{2} \times \frac{t \times \rho \times V}{M_{H_2O_2}} \times V_m$$

$$V_{O_2} = \frac{1}{2} \times \frac{0,060 \times 1022 \times 1}{34} \times 22,4$$

$$V_{O_2} = 20 \text{ L}$$

Un litre de la solution n°2 libère en se décomposant 20 L de dioxygène gazeux. La solution oxydante n°2 a un titre en volume de 20 volumes.

Q7. Équation de la réaction entre l'eau et l'ammoniac :



Q8. Dans l'hypothèse où $NH_3(aq)$ serait une base forte, déterminons le pH d'une telle solution :

$$pH = -\log\left(\frac{[H_3O^+]}{C^0}\right)$$

Et

$$[H_3O^+] = \frac{K_e}{[HO^-]}$$

d'où

$$pH = -\log\left(\frac{K_e}{[HO^-] \times C^0}\right)$$

Or pour une base forte $[HO^-] = c_A$, la concentration en soluté apporté.

$$pH = -\log\left(\frac{K_e}{c_A \times C^0}\right)$$

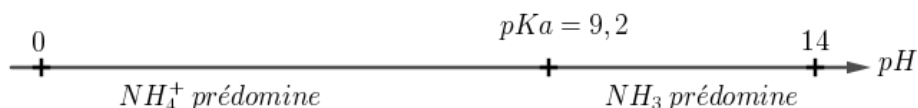
Application numérique

$$pH = -\log\left(\frac{10^{-14}}{1,00 \cdot 10^{-2} \times 1,0}\right)$$

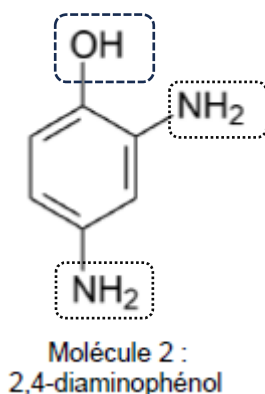
$$pH = 12$$

Dans l'hypothèse où l'ammoniac serait une base forte, la solution devrait avoir un pH de 12. Or, le pH mesuré est de 10,6. L'ammoniac n'est donc pas totalement dissocié dans l'eau et le pH de la solution est moins basique. L'ammoniac est une base faible.

Q9. Diagramme de prédominance de $NH_4^+(aq)/NH_3(aq)$:



Q10. La molécule contient un groupe hydroxyle -OH et deux groupes amine -NH₂ :



Q11. La molécule 3 et la molécule 1 sont des isomères de position. Elles possèdent la même formule brute mais des groupes caractéristiques portés par des carbones différents.

Q12. On complète le code python comme suit, en tenant compte des unités des constantes données :

```
5. epsilon = 10**5
6. l = 1
10. A = epsilon*l*c
```

Q13. D'après la figure 5, une absorbance de 1,20 correspond à une concentration $C = 12,0 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
Le mélange ayant été dilué 100 fois, la concentration $C_c = 100 \times C$ est $C_c = 1,2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Q14. On a $C_c = \frac{n_c}{V} = \frac{m_c}{M_c \times V} = \frac{C_m}{M_c}$

Ainsi $C_m = C_c \times M_c$

$$C_m = 1,2 \cdot 10^{-3} \times 169$$

$$C_m = 0,20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Déterminons le pourcentage massique en molécule C dans 1 L de préparation :

$$w = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}}$$

$$w = \frac{C_m \times V}{\rho \times V}$$

$$w = \frac{C_m}{\rho}$$

La masse volumique de la préparation est dite égale à celle de l'eau.

$$w = \frac{0,20}{1000}$$

$$w = 0,02\%$$

Le pourcentage en masse en molécule C est de 0,02% soit largement inférieur à la législation qui autorise jusqu'à 1,5%.

La crème colorante respecte la législation.

Q15. D'après la figure 7, le « mélange prêt à application » absorbe la radiation de longueur d'onde $\lambda_{\text{max}} = 440 \text{ nm}$. La couleur principalement absorbée est donc le bleu.

La couleur dominante du mélange est la couleur complémentaire de la couleur absorbée soit le jaune.

Q16. Par définition, la vitesse d'apparition du produit est $v_{\text{produit}} = \frac{dC_c}{dt}$.

Q17. D'après la loi de Beer-Lambert on a :

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot C_c$$

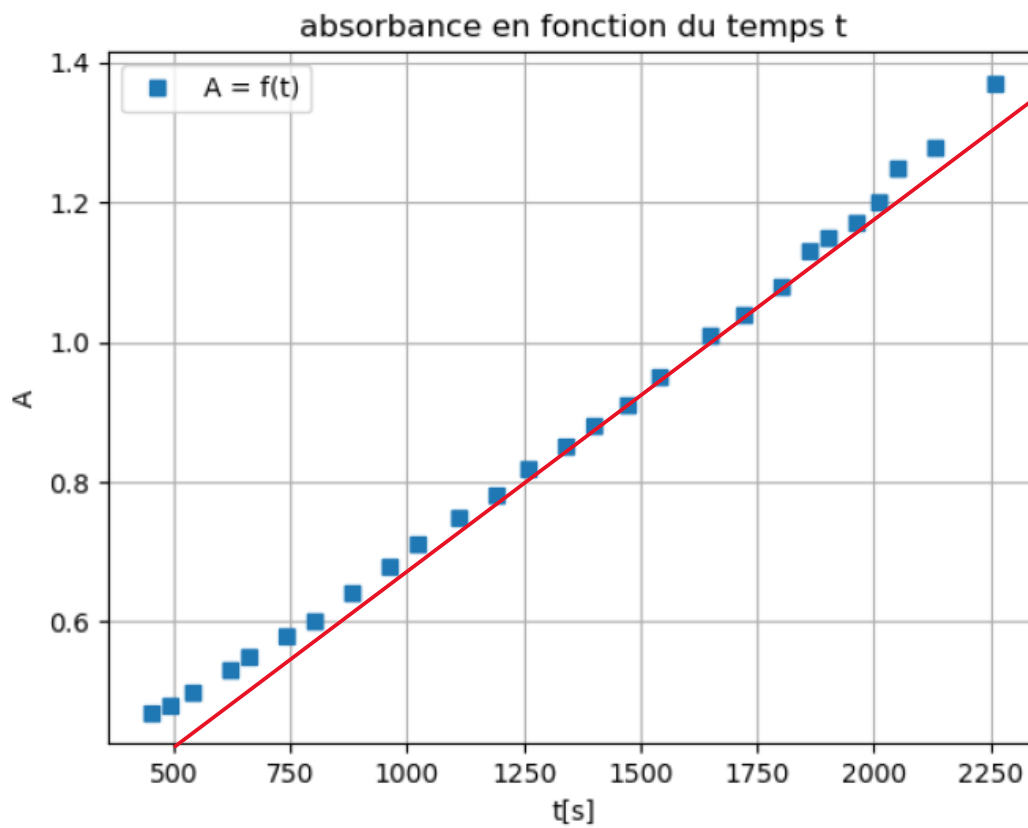
donc

$$C_c = \frac{A}{\varepsilon \cdot l}$$

Or ε et l sont des constantes donc $\frac{dC_c}{dt} = \frac{1}{\varepsilon \cdot l} \cdot \frac{dA}{dt}$

$$v_{\text{produit}} = \frac{1}{\varepsilon \cdot l} \cdot \frac{dA}{dt}$$

Q18.



En traçant la tangente à la courbe à $t = 1500$ s, le coefficient directeur de la droite donne valeur de $\frac{dA}{dt}$.

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1,3 - 0,6}{2250 - 812,5}$$

$$\frac{dA}{dt} = 4,9 \cdot 10^{-4}$$

Ainsi :

$$v_{\text{produit}} = \frac{1}{\varepsilon \cdot l} \cdot \frac{dA}{dt}$$

$$v_{\text{produit}} = \frac{1}{1,00 \cdot 10^5 \times 1,0} \cdot 4,9 \cdot 10^{-4}$$

$$v_{\text{produit}} = 4,9 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

La vitesse d'apparition du produit à $t=1500$ s est de $4,9 \cdot 10^{-9}$ s.



> **Exercice 2 – La protonthérapie sauve la vue**

Q1. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le système {proton} n'est soumis qu'à la force électrique $\vec{F} = e \cdot \vec{E}$

D'après la seconde loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{\text{extérieures}} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$e \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{e}{m} \vec{E}$$

Le vecteur accélération est donc colinéaire et de même sens que le vecteur champ électrique.

$\vec{a}$ est horizontale dirigé selon l'axe (Ox) de O vers M_1 . Calculons sa valeur :

$$a = \frac{e}{m} \times E$$

$$a = \frac{e}{m} \times \frac{|U|}{d}$$

$$a = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{1,67 \cdot 10^{-27}} \times \frac{50000}{1,0 \cdot 10^{-2}}$$

$$a = 4,8 \cdot 10^{14} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

L'accélération est constante donc le mouvement est rectiligne uniformément accéléré dans la zone A.

Q2. Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre O et M_1

$$E_{cM_1} - E_{cO} = W_{(AB)} \vec{F}$$

$$\frac{1}{2} m v_1^2 - 0 = F \times d$$

$$\frac{1}{2} m v_1^2 = e \times \frac{U}{d} \times d$$

$$v_1^2 = \frac{2eU}{m}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$



La vitesse se projette uniquement sur (Ox) ainsi :

$$v_1 = v_x(t_1) = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

Q3. Au point M_1 , le vecteur vitesse est orienté selon l'axe (Ox), de O vers M_1 . Calculons sa valeur :

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 50\,000}{1,67 \cdot 10^{-27}}}$$
$$v_1 = 3,1 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Q4. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le système {proton} n'est soumis qu'à la force magnétique $\vec{F}_m$, le poids étant négligé devant cette dernière.

D'après la seconde loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{\text{extérieures}} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F}_m = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_m}{m}$$

$$\vec{a} = \frac{e \cdot v \cdot B}{m} \cdot \vec{n}$$

Le vecteur accélération est colinéaire et de même sens que le vecteur $\vec{n}$ de la base de Frénet. Le vecteur accélération est normal à la trajectoire, centripète.

Q5. D'une part on a établi $\vec{a} = \frac{e \cdot v \cdot B}{m} \cdot \vec{n}$

D'autre part $\vec{a} = \frac{v^2}{R_1} \cdot \vec{n} + \frac{dv}{dt} \vec{t}$.

Le vecteur accélération n'a pas de composante selon $\vec{t}$ d'après la question 4. On en déduit que $\frac{dv}{dt} = 0$ c'est-à-dire que la vitesse est constante. Le mouvement circulaire est donc uniforme dans la zone B.

On a donc $\frac{v^2}{R_1} = e \cdot v \cdot \frac{B}{m}$

$$\frac{v^2}{v} = R_1 \cdot e \cdot \frac{B}{m}$$



$$v = \frac{e \cdot R_1 \cdot B}{m}$$

Q6. Application numérique :

$$v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \times 1,9 \cdot 10^{-2} \times 1,7}{1,67 \cdot 10^{-27}}$$
$$v = 3,1 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Le proton entre dans la zone B avec la vitesse v_1 et le mouvement est uniforme dans cette zone donc la vitesse reste constante, égale à v_1 .

Q7. Déterminons les accélérations :

Entre N_1 et M_2 , le proton passe de $3,1 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à $4,4 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en $0,2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$

$$a_A = \frac{4,4 \cdot 10^6 - 3,1 \cdot 10^6}{0,2 \cdot 10^{-8}}$$
$$a_A = 6,5 \cdot 10^{14} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

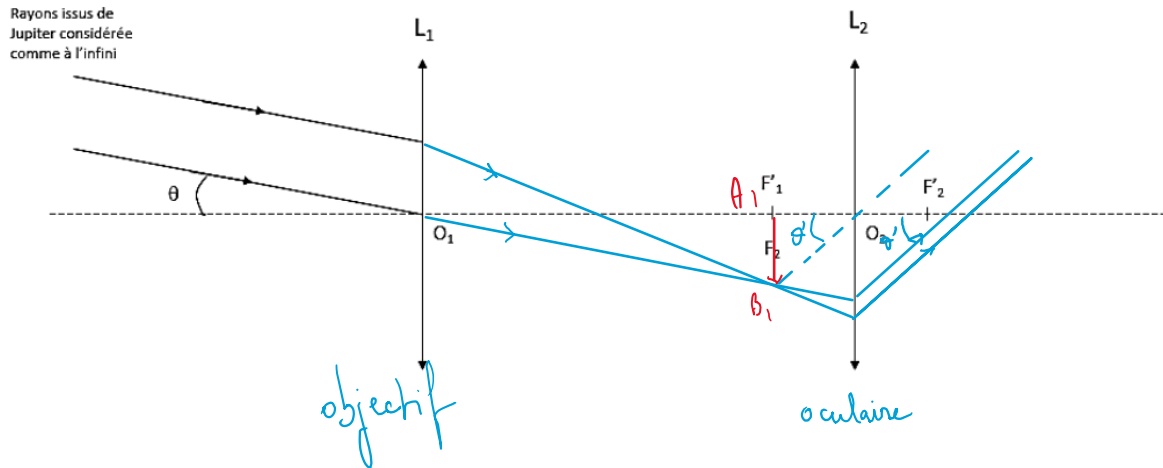
Entre M_2 et N_2 la vitesse du proton ne varie pas. Son accélération est nulle.

$$a_C = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

> Exercice 3 – Une jeune astronome

Q1. Une lunette afocale est un système optique qui donne d'un objet situé à l'infini une image à l'infini.

Q2. Q3. et Q4.



Q5. Par définition le grossissement est :

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

Dans le triangle $O_1A_1B_1$ rectangle en A_1 on a $\tan \theta = \frac{A_1B_1}{O_1F_1'}$

Dans le triangle $O_2A_1B_1$ rectangle en A_1 on a $\tan \theta' = \frac{A_1B_1}{O_2F_2}$

Dans l'approximation des petits angles $\tan \theta = \theta$ et $\tan \theta' = \theta'$

Ainsi

$$G = \frac{\frac{A_1B_1}{O_2F_2}}{\frac{A_1B_1}{O_1F_1'}}$$

$$G = \frac{O_1F_1'}{O_2F_2}$$

$$G = \frac{f_1'}{f_2}$$



Avec l'oculaire de distance focale $f'_2 = 4 \text{ mm}$: $G = \frac{600}{4} = 150$

Avec l'oculaire de distance focale $f'_2 = 20 \text{ mm}$: $G = \frac{600}{20} = 30$

Les grossissements annoncés par le fabricant sont corrects.

Vérification des caractéristiques commerciales de la lunette.

Q6. Pour voir Jupiter, il ne faut pas que Jupiter soit masquée par un objet ni que le Soleil empêche par sa luminosité l'observation.

La meilleure situation pour observer Jupiter est lorsqu'elle est en opposition.

Dans ces conditions :

$$D_{TJ} = D_{JS} - D_{TS}$$

$$D_{TJ} = (7,8 - 1,5) \cdot 10^8$$

$$D_{TJ} = 6,3 \cdot 10^8 \text{ km}$$

Q7. Par trigonométrie dans la configuration décrite sur la figure 3 on a :

$$\tan \theta = \frac{D}{D_{TJ}}$$

Dans l'approximation des petits angles alors $\theta = \frac{D}{D_{TJ}}$

$$\theta = \frac{1,5 \cdot 10^4}{6,3 \cdot 10^8}$$

$$\theta = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$$

Le diamètre apparent de la tache rouge vue à l'œil nu est de $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$.

Q8. Avec le plus petit grossissement de la lunette $G = 30$

$$\theta' = G \times \theta$$

$$\theta' = 30 \times 2,4 \cdot 10^{-5} = 7,1 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$



Q9. D'après le résultat précédent $\theta' > 2,9.10^{-4} \text{ rad}$ donc l'élève pourra voir la grande tache rouge avec cette lunette au plus petit grossissement.

Q10. La diffraction de la lumière est susceptible de dégrader la visibilité de la grande tache rouge.