

EXERCICE I : LE TRÈS GRAND TÉLESCOPE (9 points)

PARTIE 1 : Un télescope du VLT

1.1. On appelle diffraction, le phénomène au cours duquel une onde qui traverse une ouverture (ou rencontre un obstacle) change de direction de propagation sans modification de longueur d'onde. L'obstacle ou l'ouverture se comporte comme une source vibratoire ponctuelle.

Le phénomène de diffraction est d'autant plus observable que le rapport de la longueur d'onde λ sur la dimension a de l'ouverture (ou de l'obstacle) est grand. Ainsi l'écart angulaire $\theta = \frac{\lambda}{a}$ est

d'autant plus grand.

Remarque : la réponse " λ et a du même ordre de grandeur" n'est pas rigoureuse (un cheveu diffracte la lumière d'un Laser alors qu'il est 100 fois plus grand que la longueur d'onde du Laser; c'est d'ailleurs le cas ici avec $a = 0,2 \text{ mm}$).

1.2. Le phénomène de diffraction montre le caractère ondulatoire de la lumière.

1.3. Faisons des rapports d'échelle en prenant l'intégralité de l'axe horizontal :

$$\left. \begin{array}{l} d_{\text{AIRY1}} \Leftrightarrow 2,8 \text{ cm} \\ 0,060 \text{ m} \Leftrightarrow 6,5 \text{ cm} \end{array} \right\} d_{\text{AIRY1}} = \frac{0,060 \times 2,8}{6,5} = 0,026 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} d_{\text{AIRY2}} \Leftrightarrow 1,4 \text{ cm} \\ 0,060 \text{ m} \Leftrightarrow 6,8 \text{ cm} \end{array} \right\} d_{\text{AIRY2}} = \frac{0,060 \times 1,4}{6,8} = 0,012 \text{ m}$$

Ainsi, le diamètre de la tache diminue quand l'ouverture du télescope augmente (ce qui est cohérent avec la réponse 1.1. : si a augmente pour λ fixée, le phénomène de diffraction est moins visible).

1.4. D'après l'énoncé $\theta_{\min} = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{a}$,

et dans la situation évoquée $\tan \theta = \frac{d}{D_{T-L}} \approx \theta$



Si on se place dans le cas limite $\theta = \theta_{\min}$ on a $1,22 \cdot \frac{\lambda}{a} = \frac{d_{\min}}{D_{T-L}}$

alors $d_{\min} = 1,22 \cdot \frac{\lambda \cdot D_{T-L}}{a}$.

Pour le télescope terrestre ($a = 4,0 \text{ m}$) : $d_{\min} = 1,22 \times \frac{560 \times 10^{-9} \times 3,8 \times 10^8}{4,0} = 65 \text{ m}$

Pour un télescope du VLT ($a = 8,2 \text{ m}$) : $d_{\min} = 1,22 \times \frac{560 \times 10^{-9} \times 3,8 \times 10^8}{8,2} = 32 \text{ m}$

1.5. On constate que pour pouvoir distinguer deux étoiles proches, il faut limiter le phénomène de diffraction (ce qui augmente le pouvoir de résolution) et donc avoir des télescopes de grande ouverture.

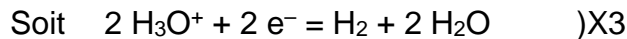
De plus, les instruments étant sensibles aux fluctuations atmosphériques (d'après l'énoncé), il est judicieux de placer les télescopes dans le désert d'Atacama où l'atmosphère doit être très stable.

PARTIE 2 : Entretien des miroirs du VLT

2.1. Première étape : élimination de la couche d'aluminium



En additionnant H_2O de chaque côté : $\text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{e}^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$



En additionnant les demi-équations électroniques, de façon à ce qu'autant d'électrons soient produits que d'électrons soient consommés, on retrouve bien :



Voir la méthode pour écrire et équilibrer une équation d'oxydoréduction

<http://www.labotp.org/Oxydoreduction.html>

2.1.2. Il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction qui met en jeu un transfert d'électrons du réducteur Al (à droite dans le couple Ox/Réd) vers l'oxydant H_3O^+ (à gauche dans le couple Ox/Réd).

Point mnémotechnique : "règle de l'ORGE" : l'Oxydant se Réduit en Gagnant des Electrons

Ainsi : - l'oxydant gagne des électrons (et le réducteur en cède)

- une réduction est un gain d'électrons (et une oxydation une perte d'électrons).

2.1.3. Le miroir a une surface $S = 50 \text{ m}^2$ et la couche d'aluminium a une épaisseur $h = 80 \text{ nm}$.

Le volume d'aluminium est donc : $V_{\text{Al}} = S \cdot h$

$$V_{\text{Al}} = 50 \times 80 \times 10^{-9} = 4,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Par définition :
$$\begin{cases} \rho_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}}}{V_{\text{Al}}} \\ n_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} \end{cases} \text{ donc } \rho_{\text{Al}} = \frac{n_{\text{Al}} \cdot M_{\text{Al}}}{V_{\text{Al}}} \Leftrightarrow n_{\text{Al}} = \frac{\rho_{\text{Al}} \cdot V_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}}$$

Annotations : ρ_{Al} (g.m⁻³), V_{Al} (m³), n_{Al} (mol), M_{Al} (g.mol⁻¹)

$$n_{\text{Al}} = \frac{2,7 \times 10^6 \times 4,0 \times 10^{-6}}{27} = 0,40 \text{ mol}$$

2.1.4. D'après l'équation de réaction, il faut 6 mol de H_3O^+ pour 2 mol d'Al donc : $\frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{6} = \frac{n_{\text{Al}}}{2}$ ou

$$\frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{3} = n_{\text{Al}} \text{ ou encore } n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3 \cdot n_{\text{Al}}. \text{ Il faut 3 fois plus de } \text{H}_3\text{O}^+ \text{ que d'Al.}$$

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3 \times 0,40 = 1,2 \text{ mol.}$$

2.1.5. La solution d'acide chlorhydrique est à 37 % en masse et a une densité $d_{\text{sol}} = 1,188$.

Pour répondre à la question, il est important de distinguer la solution et le soluté (*ici HCl dissous dans l'eau*) que l'on notera A :

Par définition : $C_A = \frac{n_A}{V_{\text{sol}}} = \frac{m_A}{V_{\text{sol}} \cdot M_A}$

Or, $m_A = 0,37 \cdot m_{\text{sol}}$ (37 % en masse d'acide)

Par définition : $d_{\text{sol}} = \frac{\rho_{\text{sol}}}{\rho_{\text{eau}}}$ et $\rho_{\text{sol}} = \frac{m_{\text{sol}}}{V_{\text{sol}}}$ donc $m_{\text{sol}} = d_{\text{sol}} \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{sol}}$

$$C_A = \frac{0,37 \times 1,188 \times 1,0 \times 10^3}{36,46} = 12 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$C_A = \frac{0,37 \cdot d_{\text{sol}} \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{sol}}}{V_{\text{sol}} \cdot M_A} = \frac{0,37 \cdot d_{\text{sol}} \cdot \rho_{\text{eau}}}{M_A}$$

Annotations : ρ_{eau} (g.L⁻¹)

2.1.6. Il faut donc effectuer une dilution.

Solution mère :

$$C_A = 12 \text{ mol.L}^{-1}$$

V_A à prélever ?

Solution fille :

$$C_1 = C_A/100$$

$V_1 = 1,00 \text{ L}$ à préparer

Au cours d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve : $n_A = n_1$.

$$C_A \cdot V_A = C_1 \cdot V_1$$

$$V_A = \frac{C_1 \cdot V_1}{C_A} = \frac{\frac{C_A}{100} \cdot V_1}{C_A} = \frac{V_1}{100}$$

$$V_A = \frac{1,00}{100} = 1,00 \times 10^{-2} \text{ L} = 10,0 \times 10^{-3} \text{ L} = 10,0 \text{ mL}$$

Protocole de la dilution :

- Verser un peu de solution mère dans un bécher (propre et sec),
- Prélever 10,0 mL de solution mère à l'aide d'une pipette jaugée de 10,0 mL (préalablement rincée avec un peu de solution mère) munie d'un pipeteur.
- Verser le prélèvement dans une fiole jaugée de 1,00 L.
- Remplir d'eau distillée aux $\frac{3}{4}$, boucher et agiter pour homogénéiser.
- Compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et agiter à nouveau.

2.1.7. On a établi au **2.1.4.** que la quantité d'ions oxonium nécessaire est $n_{H_3O^+} = 1,2 \text{ mol}$.

$$\text{Or } n_{H_3O^+} = C_1 \cdot V_1 = \frac{C_A}{100} \cdot V_1$$

$$\text{donc } V_1 = \frac{100 \cdot n_{H_3O^+}}{C_A}$$

$$V_1 = \frac{100 \times 1,2}{12} = 10 \text{ L}$$

2.2. Deuxième étape : Dépôt d'une nouvelle couche d'aluminium

2.2.1. L'électron incident doit avoir au moins une énergie cinétique égale à l'énergie d'ionisation

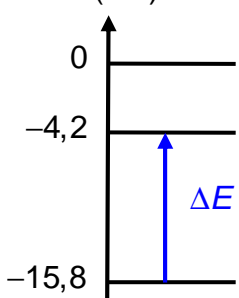
$$E_i \text{ de l'atome d'argon pour pouvoir arracher l'électron : } E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = E_i$$

$$\text{Donc } v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_i}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 15,8 \times 1,60 \times 10^{-19}}{9,11 \times 10^{-31}}} = 2,36 \times 10^6 \text{ m.s}^{-1}$$

Cette vitesse est très élevée (ordre de grandeur : 10^6 m.s^{-1}) mais l'électron n'est pas relativiste (si l'on prend la limite arbitraire de 10 % de la vitesse de la lumière soit $3 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$).

2.2.2. $E(\text{eV})$



$$\text{D'après la relation de Planck-Einstein : } \Delta E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$$\text{Donc } \lambda = h \cdot \frac{c}{\Delta E}$$

$$\lambda = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{11,6 \times 1,60 \times 10^{-19}} = 1,07 \times 10^{-7} \text{ m} = 107 \text{ nm}$$

λ est inférieure à 400 nm : ce rayonnement appartient au domaine des UV.

Compétences exigibles ou attendues :

En noir : officiel (Au B.O.)

En italique : officieux (au regard des sujets de bac depuis 2013)

- *Décrire le phénomène de diffraction.*
- Savoir que l'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la longueur d'onde aux dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle.
- *Savoir que le phénomène de diffraction est caractéristique des ondes.*
- Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier ou utiliser le phénomène de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.
- Extraire et exploiter des informations sur l'absorption *et la perturbation* de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers.
- Écrire l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction en utilisant les demi-équations redox (1^{ère} S).
- Reconnaître l'oxydant et le réducteur dans un couple (1^{ère} S).
- Faire un bilan de matière (1^{ère} S).
- Connaître le protocole d'une dilution (2^{nde}).
- *Faire la distinction entre mécanique classique et relativité restreinte (limite arbitraire de 0,1 c).*
- Exploiter le principe de conservation de l'énergie dans des situations mettant en jeu différentes formes d'énergie.
- Notion de quantum d'énergie : connaître et savoir utiliser la relation $\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ et l'utiliser pour exploiter un diagramme de niveaux d'énergie (1^{ère} S).
- Connaître les limites du spectre visible et placer les UV et les IR (1^{ère} S)