

**Bac S 2016 Antilles Guyane**  
**EXERCICE I - LES RAYONS X, OUTIL D'INVESTIGATION (6 points)**

**1. Accélération d'un faisceau d'électrons**

1.1.  $F_e = q.E$ , pour un électron  $F_e = -e.E$ .

Ainsi, la force électrique  $F_e$  subie par l'électron et le champ électrique  $E$  sont de même direction mais de sens opposés.

1.2. Pour montrer que le poids de l'électron est bien négligeable devant la force électrique qu'il

subit, exprimons puis calculons le rapport  $\frac{P}{F_e} : \frac{P}{F_e} = \frac{m.g}{|q|.E} = \frac{m.g}{e.\frac{U}{d}} = \frac{m.g.d}{e.U}$

$$\frac{P}{F_e} = \frac{9,11 \times 10^{-31} \times 9,81 \times 2 \times 10^{-2}}{1,60 \times 10^{-19} \times 100 \times 10^3} = 1 \times 10^{-17} \quad (1 \text{ seul chiffre significatif sur } d)$$

On constate que  $\frac{P}{F_e} \ll 1$ , ainsi  $P \ll F_e$  donc le poids de l'électron est bien négligeable devant la force électrique qu'il subit.

1.3. Cette même question a été posée au bac Centres étrangers (Exo I, 2.3.), il y a quelques jours ... Fréquenter assidument Labolycée ça sert !

**Démonstration utilisant la 2<sup>ème</sup> loi de Newton :**

Appliquons la 2<sup>ème</sup> loi de Newton au système {électron} dans le référentiel du laboratoire considéré galiléen :  $\Sigma F_{ext} = m_e.a$  car  $m_e$  est constante.

$$F_e = m_e.a$$

$$a = \frac{-e.E}{m_e}$$

En projetant sur l'axe horizontal Ox, orienté de A vers B (correspondant à la trajectoire de

l'électron) :  $a_x = \frac{-e.E_x}{m_e}$

Comme  $E_x = -E$  alors  $a_x = \frac{e.E}{m_e}$  (car  $E$  orienté vers la gauche)

Par définition,  $a = \frac{dv}{dt}$  donc  $a_x = \frac{dv_x}{dt}$

En intégrant :  $v_x = \frac{e.E}{m_e}.t + C_1$

On détermine la constante  $C_1$  à l'aide des conditions initiales, à  $t = 0$ ,  $v_x(0) = 0$  donc  $C_1 = 0$ .

Ainsi :  $v_x = \frac{e.E}{m_e}.t$  (1)

Par définition,  $\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$  donc  $v_x = \frac{dx}{dt}$ .

En intégrant :  $x = \frac{e.E}{2m_e} \cdot t^2 + C_2$  or à  $t = 0$ ,  $x(0) = 0$  donc  $C_2 = 0$

Ainsi :  $x = \frac{e.E}{2m_e} \cdot t^2$  (2)

Démarche : grâce à (2) on peut maintenant exprimer la date  $t_A$  à laquelle l'électron arrive en A puis en déduire la vitesse à cette date grâce à (1).

(2) donne  $x_A = d = \frac{e.E}{2m_e} \cdot t_A^2$  donc  $t_A = \sqrt{\frac{2m_e \cdot d}{e.E}}$

Dans (1) :  $v_x = \frac{e.E}{m_e} \cdot t_A = \frac{e.E}{m_e} \cdot \sqrt{\frac{2m_e \cdot d}{e.E}} = \sqrt{\frac{e^2 \cdot E^2 \cdot 2m_e \cdot d}{m_e^2 \cdot e.E}} = \sqrt{\frac{2e.E \cdot d}{m_e}} = \sqrt{\frac{2e \cdot \frac{U}{d} \cdot d}{m_e}} = \sqrt{\frac{2e.U}{m_e}}$

Par définition,  $v_A = \|\vec{v}\| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{v_x^2} = +v_x$  donc on retrouve bien  $v_A = \sqrt{\frac{2e.U}{m_e}}$ .

**Démonstration utilisant la notion de travail d'une force :**

Entre O et A, l'électron n'est soumis qu'à la force électrique et voit son énergie cinétique augmenter. Cette augmentation est due au travail de la force  $\vec{F}_e$  constante entre O et A :

$$\Delta E_c = W_{O \rightarrow A}(\vec{F}_e)$$

$$E_c(A) - E_c(O) = \vec{F}_e \cdot \vec{OA} = \|\vec{F}_e\| \cdot \|\vec{OA}\| \cdot \cos(\vec{F}_e, \vec{OA})$$

$$\frac{1}{2} m_e \cdot v_A^2 - 0 = e.E.d = e \cdot \frac{U}{d} \cdot d = e.U$$

$$v_A^2 = \frac{2.e.U}{m_e}$$

$$v_A = \sqrt{\frac{2e.U}{m_e}}$$

1.4.  $v_A = \sqrt{\frac{2 \times 1,60 \times 10^{-19} \times 100 \times 10^3}{9,11 \times 10^{-31}}} = 1,87 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  (soit 62,5 % de la vitesse de la lumière dans le vide)

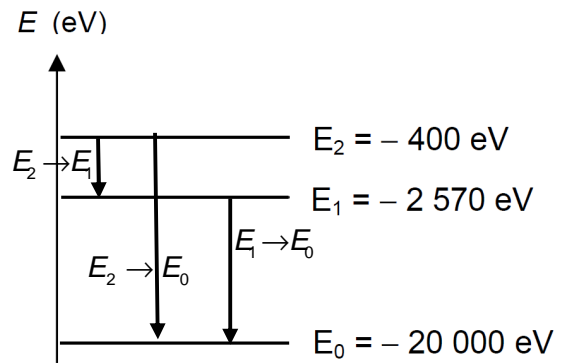
1.5. La courbe  $\gamma = f(v)$  montre que pour une vitesse égale à  $v_A$ , le coefficient de Lorentz est notablement supérieur à 1 (environ 1,3).

Le phénomène de dilatation des durées n'est alors plus négligeable ; le modèle relativiste conviendrait mieux à l'étude du mouvement de l'électron.

## 2. Emission de rayons X

2.1. Les transitions électroniques de l'atome qui s'accompagnent d'une émission de rayonnement correspondent à une transition d'un niveau supérieur vers un niveau d'énergie inférieur.

Ainsi, 3 transitions sont possibles ici :  $E_2 \rightarrow E_0$ ,  $E_2 \rightarrow E_1$  et  $E_1 \rightarrow E_0$ .



2.2. D'après la relation de Planck :  $|\Delta E| = h\nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$  ainsi  $\lambda = h \cdot \frac{c}{|\Delta E|}$  avec  $\Delta E$  en J.

$$\lambda_{2 \rightarrow 0} = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{|-20000 + 400| \times 1,60 \times 10^{-19}} = 6,34 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$\lambda_{2 \rightarrow 1} = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{|-2570 + 400| \times 1,60 \times 10^{-19}} = 5,72 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda_{1 \rightarrow 0} = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{|-20000 + 2570| \times 1,60 \times 10^{-19}} = 7,13 \times 10^{-11} \text{ m}$$

Ces trois longueurs d'onde appartiennent au domaine des rayons X car  $10^{-12} < \lambda < 10^{-8}$  m, ce qui est cohérent avec le titre du paragraphe.

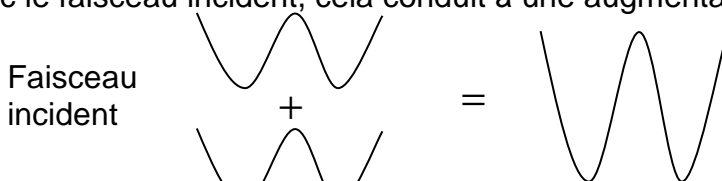
## 3. Application à l'étude des structures cristallines

3.1. Les points  $A_1$  et  $A_2$  vibrent **en phase**, les deux rayons incidents interfèrent de façon **constructive**.

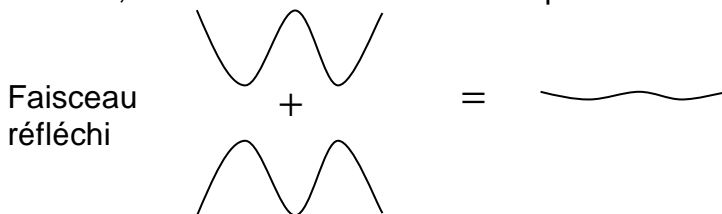
Les points  $B_1$  et  $B_2$  vibrent **en opposition de phase**, les deux rayons réfléchis interfèrent de façon **destructive**.

Les amplitudes des ondes qui interfèrent s'additionnent.

Avec le faisceau incident, cela conduit à une augmentation de l'amplitude de l'onde résultante.



Au contraire, avec le faisceau réfléchi l'amplitude de l'onde résultante est nulle.



Voir : [http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve\\_tulloue/Ondes/general/somme.php](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/general/somme.php)

3.2. Dans le cas d'interférences constructives :  $\delta = k\lambda$ .

Pour une différence de parcours minimale,  $k = 1$  ainsi  $\delta = \lambda$ .

De plus, ici  $\delta = 2.d.\sin\theta$ .

Alors  $\delta = 2.d.\sin\theta = \lambda$  et donc  $d = \frac{\lambda}{2 \sin\theta}$

$$d = \frac{0,154 \times 10^{-9}}{2 \times \sin(10,4^\circ)} = 4,27 \times 10^{-10} \text{ m}$$

Remarque : on retrouve une valeur cohérente avec la distance interatomique (1<sup>ère</sup> S).

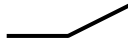
## Compétences exigibles ou attendues :

**En noir : officiel (Au B.O.)**

**En bleu : officieux (au vu des sujets de Bac depuis 2013)**

- Connaître les relations vectorielles  $\vec{F} = q.\vec{E}$  et  $\vec{P} = m.\vec{g}$  (1<sup>ère</sup> S).
- Identifier la direction et le sens du champ électrostatique  $\vec{E}$  dans un condensateur plan (soit à partir des charges des armatures, soit en faisant le lien avec la force  $\vec{F} = q.\vec{E}$  subie par une particule) (1<sup>ère</sup> S).
- Connaître et exploiter les trois lois de Newton ; les mettre en œuvre pour étudier des mouvements dans des champs de pesanteur et électrostatique uniformes.
- *Utiliser la 2<sup>ème</sup> loi de Newton pour faire l'étude mécanique du mouvement d'un point matériel :*
  - *détermination des équations horaires du mouvement ( $a_x(t)$ ,  $a_y(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $v_y(t)$ ,  $x(t)$ ,  $y(t)$ )*
- *Exploiter les équations horaires du mouvement ou l'équation de la trajectoire pour répondre à un problème donné (ex : portée d'un tir, durée d'une chute, vitesse en un point ...).*
- Établir et exploiter les expressions du travail d'une force constante (force de pesanteur, force électrique dans le cas d'un champ uniforme).
- Analyser les transferts énergétiques au cours d'un mouvement d'un point matériel.
- Extraire et exploiter des informations relatives à une situation concrète où le caractère relatif du temps est à prendre en compte.
- Connaître la relation de Planck :  $|\Delta E| = h.v = h.\frac{c}{\lambda}$  et l'utiliser pour exploiter un diagramme d'énergie (1<sup>ère</sup> S).
- Connaître et exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives pour des ondes monochromatiques.

## 1. Obtention industrielle du styrène

1.1. Le groupe éthyle  est formé d'une chaîne carbonée saturée, après transformation il apparaît une double liaison C=C. La chaîne est devenue insaturée. Il y a eu une modification de chaîne.

1.2. Il s'agit d'une réaction d'**élimination** car 2 atomes d'hydrogène sont enlevés de l'éthylbenzène pour former la double liaison. (*Remarque : on repère une élimination car 2 réactifs conduisent à un seul produit qui contient une double liaison*).

1.3. Un catalyseur est une espèce chimique qui diminue la durée d'une réaction sans être globalement consommé par celle-ci.

1.4. D'après le poème, le catalyseur est de l'oxyde de zinc ou l'oxyde de magnésium.

On peut supposer que l'éthylbenzène (seul réactif) est sous forme de gaz car Queneau indique qu'il est « surchauffé » et sa température d'ébullition est relativement faible (136°C). Mais il est probable que la température du milieu réactionnel reste inférieure à la température d'inflammation du styrène (480°C).

Dans cette gamme de température, l'oxyde de zinc est sous forme solide car sa température de fusion est très élevée (1975°C).

Le réactif et le catalyseur n'étant pas dans la même phase (l'un est solide, l'autre est gazeux), il s'agit d'une **catalyse hétérogène**.

## 2. Préparation du styrène avant utilisation au laboratoire

2.1. Réalisation du protocole

2.1.1. À la lecture de l'étiquette du flacon de styrène, il apparaît que celui-ci est dangereux, inflammable et surtout nocif pour la santé il faut donc travailler sous hotte ventilée comme indiqué au début du protocole.

2.1.2. Le port de la blouse et des lunettes est obligatoire pour manipuler en Chimie.

Ici, on peut également porter des gants de protection pour se protéger de la solution d'hydroxyde de sodium (soude) qui est corrosive à une telle concentration.

On évitera également la proximité d'une flamme ou d'une source de chaleur car le styrène est inflammable.

2.2. On constate la présence de 2 groupes hydroxyle OH.

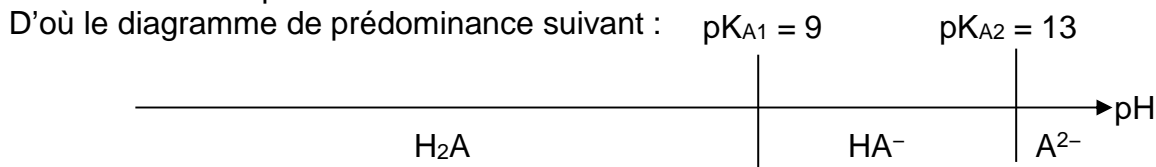
**Complément** : les groupes OH étant liés à un cycle benzénique, ils correspondent à des fonctions phénols et non alcools.

2.3. L'atome d'oxygène étant bien plus électronégatif que l'atome d'hydrogène, la liaison O-H est polarisée : l'atome O porte une charge partielle négative  $\delta^-$  et l'atome H porte une charge partielle positive  $\delta^+$ .

Ainsi, sous certaines conditions, cette liaison pourra se rompre, et l'atome O (plus électronégatif) gardera les électrons de la liaison O-H, laissant l'hydrogène sous la forme  $H^+$  : cela signifie que chaque groupe OH possède des propriétés acides au sens de Brønsted (capacité à céder un proton  $H^+$ ) d'où l'existence de 2 valeurs de  $pK_A$  pour cette molécule.

**Complément** : les valeurs des  $pK_A$  donnés étant élevées (9 et 13), ces deux groupes sont des acides très faibles : leur réaction avec l'eau est très limitée.

2.4. Les deux couples acide/base sont  $H_2A/HA^-$  et  $HA^-/A^{2-}$ .



2.5. L'ion hydroxyde  $HO^-$  étant une base forte (réaction totale avec l'eau) :

$$pH = pK_e + \log C$$

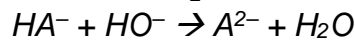
$$pH = -\log K_e + \log C$$

$$pH = -\log 1,0 \times 10^{-14} + \log 1,0 = 14 \text{ (cohérent avec le caractère basique et le coté corrosif)}$$

2.6. L'équation de la réaction est :  $H_2A + 2HO^- \rightarrow A^{2-} + 2 H_2O$ .

La réaction doit être totale car il faut impérativement détruire tout  $HA_2$  inhibiteur de la polymérisation.

On pouvait aussi considérer les deux équations :  $H_2A + HO^- \rightarrow HA^- + H_2O$ ,  
puis  $HO^-$  étant en large excès il réagit avec  $HA^-$  une fois tout  $H_2A$  consommé.

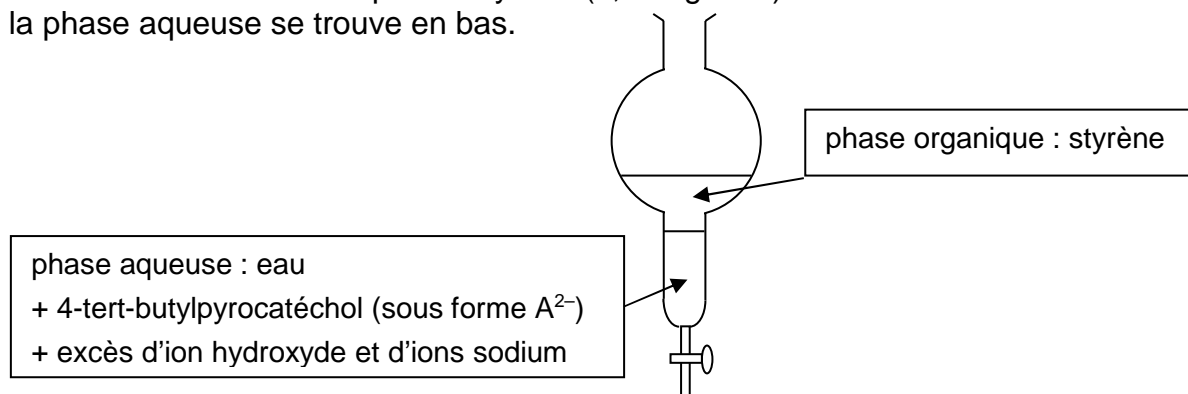


En les additionnant, on retombe sur l'équation proposée.

2.7. Le lavage par la solution d'hydroxyde de sodium du produit commercial va transformer tout le 4-tert-butylpyrocatechol  $H_2A$  (molécule) en ions  $A^{2-}$  qui auront une grande affinité avec l'eau (solvant polaire) et passeront dans la phase aqueuse pour être éliminées.

2.8. Le styrène étant liquide à température ambiante et très peu soluble dans l'eau (0,24 g/L), on observe deux phases distinctes.

Comme la masse volumique du styrène ( $0,906 \text{ g.cm}^{-3}$ ) est inférieure à celle de l'eau ( $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$ ), la phase aqueuse se trouve en bas.



2.9. Les lavages supplémentaires à l'eau servent à éliminer les traces d'ions dans la phase organique.

On contrôle la valeur du pH car tant que celui-ci ne correspond pas à la neutralité, cela signifie qu'il reste des ions hydroxyde  $HO^-$  présents dans la phase organique (d'où le pH non neutre de la phase aqueuse).

2.10. Le chlorure de calcium anhydre sert à « sécher » la phase organique en éliminant les traces d'eau.

**Remarque :** cette question est très surprenante car aucune information sur les propriétés du chlorure de calcium anhydre ou sa réaction avec l'eau n'était donnée dans le sujet.

### 3. Contrôle de la teneur en styrène dans le flacon commercial

**3.1.** Pour réaliser un dosage par étalonnage spectrophotométrique, on choisit la longueur d'onde la plus fortement absorbée.

Ici, on choisit  $\lambda = 245 \text{ nm}$ , ce qui correspond au domaine des UV ( $\lambda < 400 \text{ nm}$ ).

**3.2.** Le graphe  $A = f(t)$  étant une droite passant par l'origine, il y a une relation de proportionnalité entre  $A$  et  $t$  : on retrouve la loi de Beer-Lambert.

**Remarque :** on préfère utiliser la notation  $t$  pour la concentration massique pour la distinguer de la concentration molaire  $c$ .

La loi de Beer-Lambert reste applicable avec la concentration massique :  $A = k \cdot c$  ou  $A = k' \cdot t$

**3.3. Avertissement :** la formulation de la question qui demandait « un protocole détaillé » pouvait être trompeuse : la préparation des solutions étalons à partir du produit commercial n'était pas demandée (partie très longue à rédiger avec des calculs difficiles amenant à des volumes prélevés inhabituels ...).

Pour obtenir précisément le graphe  $A = f(t)$  fourni, il faut réaliser une gamme de solutions étalons à partir du styrène commercial (le styrène étant à priori incolore, on ne peut pas parler « d'échelle de teintes »).

Vu le graphique, il faut préparer une solution mère de concentration massique égale  $t_0 = 0,40 \text{ g.L}^{-1}$  (qui correspond à la valeur de  $A$  la plus élevée mesurée) à partir du flacon commercial.

On remarque que cette concentration massique est supérieure à la solubilité du styrène dans l'eau ( $0,24 \text{ g.L}^{-1}$ ) ; il faudra donc utiliser un solvant adapté pour dissoudre le produit commercial (comme indiqué dans la question suivante).

À partir de la solution mère, on prépare ensuite des solutions de concentrations  $0,20 \text{ g.L}^{-1}$ ;  $0,10 \text{ g.L}^{-1}$ ;  $0,05 \text{ g.L}^{-1}$  et  $0,025 \text{ g.L}^{-1}$ .

Ensuite on verse un peu de chaque solution de la gamme dans une cuve de spectrophotomètre et on prépare également une cuve de référence avec le solvant (« blanc »)

Enfin, on règle le spectrophotomètre à  $245 \text{ nm}$ , on fait le « blanc » avec la cuve de solvant et on mesure l'absorbance des différentes solutions.

**3.4.** Notons STY : le styrène et SC : la solution commerciale (à 42 % de styrène en masse).

Par définition, la concentration massique de la solution préparée est :  $t_p = \frac{m_{\text{STY}}}{V_{\text{SOL}}}$  avec

$V_{\text{SOL}} = 50,0 \text{ mL}$  qui est le volume de la solution préparée.

Or  $m_{\text{STY}} = 0,42 \times m_{\text{SC}}$  (« 42 % en masse » en cas de bonne conservation ...)

Donc :  $t_p = \frac{0,42 \times m_{\text{SC}}}{V_{\text{SOL}}}$

Si le styrène s'est bien conservé  $t_p = \frac{0,42 \times 10 \times 10^{-3}}{50,0 \times 10^{-3}} = 0,084 \text{ g.L}^{-1}$

Comparons la valeur de la concentration massique attendue avec la valeur issue du dosage par étalonnage.

La lecture graphique étant peu aisée (pour une faible valeur de A), déterminons le coefficient directeur de la droite :

$$k' = \frac{\Delta A}{\Delta t_m} = \frac{0,70 - 0}{0,40 - 0} = 1,75 \text{ L.g}^{-1} \text{ (grandeur intermédiaire non arrondie).}$$

D'après la loi de Beer-Lambert  $A = k' \cdot t$  donc  $t = \frac{A}{k'}$

$$t = \frac{0,15}{1,75} = 0,086 \text{ g.L}^{-1}$$

Calculons l'écart relatif avec la valeur attendue :  $\frac{0,086 - 0,084}{0,084} = 2,4\%$

Cet écart relatif est suffisamment faible pour qu'on considère que le styrène s'est bien conservé.

### **Compétences exigibles ou attendues :**

**En noir : officiel (Au B.O.)**

**En bleu : officieux (au vu des sujets de Bac depuis 2013)**

- Distinguer une modification de chaîne d'une modification de groupe caractéristique.
- Déterminer la catégorie d'une réaction (substitution, addition, élimination) à partir de l'examen de la nature des réactifs et des produits.
- *Définir un catalyseur.*
- *Savoir reconnaître les différents types de catalyse (homogène, hétérogène, enzymatique).*
- *Maîtriser les aspects liés à la sécurité d'une synthèse (pictogrammes de sécurité, justification des techniques de protection).*
- Associer un groupe caractéristique à une fonction dans le cas des alcools (*phénol en toute rigueur ici*).
- Reconnaître un acide, une base dans la théorie de Brønsted (*par analyse de la polarité des liaisons.*)
- Identifier l'espèce prédominante d'un couple acide-base connaissant le pH du milieu et le pKa du couple.
- Calculer le pH d'une solution aqueuse de base forte de concentration usuelle.
- Justifier le choix des techniques de synthèse et d'analyse utilisées.
- *Connaître le principe et le mode opératoire de l'extraction par un solvant (ampoule à décanter)*
- *Connaître le principe et le mode opératoire du lavage et du séchage d'une phase organique.*
- *Justifier le choix de la longueur d'onde dans le cadre d'un dosage spectrophotométrique.*
- Connaître les limites dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets (1<sup>ère</sup> S).
- Connaître la loi de Beer-Lambert (1<sup>ère</sup> S).
- Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de courbes d'étalonnage en utilisant la spectrophotométrie, dans le domaine du contrôle de la qualité.



**1. L'installation sonore**

1.1. La hauteur du son est liée à la fréquence exprimée en hertz.

1.2. Le caisson de graves doit restituer avec un bon niveau sonore les sons de basses fréquences. Il correspond à la courbe 1.

1.3. Les intensités sonores des cinq enceintes s'additionnent.

Déterminons l'intensité sonore  $I_1$  qui correspond à une enceinte seule avec un niveau d'intensité sonore égal à  $L_1 = 70$  dB.

$$L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\frac{L_1}{10} = \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{L_1/10}$$

$$I_1 = I_0 \cdot 10^{L_1/10}$$

$$I_1 = 1,0 \times 10^{-12} \times 10^{70/10} = 1,0 \times 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}.$$

Déterminons le niveau d'intensité sonore  $L_5$  qui correspond au fonctionnement simultané des cinq enceintes.

$$L_5 = 10 \log \frac{I_5}{I_0} = 10 \log \frac{5I_1}{I_0}$$

$$L_5 = 10 \times \log \frac{5 \times 1,0 \times 10^{-5}}{1,0 \times 10^{-12}} = \mathbf{77 \text{ dB}}$$

Ce niveau d'intensité sonore est inférieur au seuil de danger de 85 dB, il ne présente pas de danger pour l'audition du technicien.

**2. La télécommande**

2.1. Une onde progressive est le phénomène de propagation d'une perturbation sans transport de matière, elle s'accompagne d'un transfert d'énergie.

2.2. Une onde mécanique nécessite un milieu matériel pour se propager ce qui n'est pas nécessaire pour une onde électromagnétique.

2.3. La notice technique indique la fréquence du rayonnement émis par la diode  $\nu = 3,10 \times 10^{14}$  Hz. (Remarque : ne pas confondre la célérité  $v$  et la fréquence  $\nu$ )

$$\lambda = \frac{v}{\nu}, \text{ pour une onde électromagnétique } v = c, \text{ ainsi } \lambda = \frac{c}{\nu}.$$

$\lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{3,10 \times 10^{14}} = 9,68 \times 10^{-7} \text{ m} = 968 \text{ nm} > 800 \text{ nm}$  donc effectivement cela correspond à un rayonnement infrarouge.

2.4. La courbe représentative du signal émis par la télécommande montre que la tension ne peut prendre que deux valeurs. Il s'agit d'un signal numérique.

### 3. Définition de l'image

**3.1.** Pour la norme UHD, il est indiqué que la distance minimale entre le spectateur et l'écran est égale à 1,3 fois la diagonale.

La diagonale valant 65 pouces (et 1 pouce = 2,54 cm), le spectateur doit se situer à

$$d_{\text{mini}} = 1,3 \times 65 \times 2,54 = 2,1 \times 10^2 \text{ cm} = 2,1 \text{ m.}$$

Si le dossier du canapé est situé à 2,50 m de l'écran alors les conditions d'utilisation sont respectées.

**3.2.** Si le spectateur s'approche de l'écran, il verra apparaître les pixels constituant l'image.

**3.3.** Il est indiqué que la définition est égale au nombre total de pixels.

Pour l'écran TV UHD, la définition vaut  $D = 3840 \times 2160 = 8,2944 \times 10^6$  pixels = 8,2944 mégapixels

**3.4.** Un pixel est codé sur 3 octets, soit sur  $3 \times 8 = 24$  bits. Ce qui correspond à  $2^{24} = 16\,777\,216$  couleurs différentes.

*Remarque : un codage sur  $n$  bits correspond à  $2^n$  valeurs.*

**3.5.** La taille de l'image est égale au produit de la définition par le nombre d'octet utilisé pour coder un pixel.

Taille = 8,2944 mégapixels  $\times$  3 octets = 25 Mo.



```
Ans*3      8.2944E0
          2.48832E1
```

**3.6.** Nombre d'images  $N = \Delta t(\text{s}) \times 25 = (1 \times 3600 + 30 \times 60) \times 25 = 1,35 \times 10^5$  images.

Chaque image occupe environ 25 Mo.

Le fichier vidéo occupe donc environ  $1,35 \times 10^5 \times 25 = 3,4 \times 10^6$  Mo =  $3,4 \times 10^3$  Go = **3,4 To**.

Cette valeur est largement supérieure à la capacité de 50 Go d'un Blu-Ray double couche.

### 4. Téléchargement du film en streaming par internet

**4.1.** La fibre optique comme l'ADSL sont des procédés de transmission qui mettent en œuvre une propagation guidée (respectivement par une fibre optique ou un câble en cuivre).

**4.2.** Seuls deux modes de transmission ont un débit supérieur à  $25 \text{ Mbit.s}^{-1}$  : la fibre optique et la téléphonie 4G.

La fibre est le mode de transmission à privilégier car, pour le moment, le volume de données est facturé au-delà d'une certaine valeur en téléphonie.

**4.3.** 3,385 To à convertir en Mb. (Remarque : on retrouve la taille de 3,4 To calculée au 3.6.)

$$\text{Taille} = (3,385 \times 10^{12} \times 8) / 10^6 \text{ Mb}$$

$$\text{Durée} = \frac{\text{Taille}(\text{Mb})}{\text{Débit}(\text{Mb.s}^{-1})}$$

On utilise le débit très élevé de la fibre optique pour le calcul.

$$\text{Durée} = \frac{3,385 \times 10^6 \times 8}{100} = 2,7 \times 10^5 \text{ s} = 75 \text{ h}$$

Même avec le plus gros débit disponible, on obtient une durée de transmission très longue. Il est indispensable de compresser les images.

Autre méthode : on calcule le débit binaire nécessaire à la transmission du film de durée  $\Delta t = 90 \text{ min}$ .

$$D(\text{bit.s}^{-1}) = \frac{N(\text{bit})}{\Delta t(\text{s})}$$

$$D(\text{bit.s}^{-1}) = \frac{3,385 \times 10^{12} \times 8}{90 \times 60} = 5,0 \times 10^9 \text{ bit.s}^{-1} = 5,0 \text{ Gbit.s}^{-1}$$

Ce débit est largement supérieur au meilleur débit permis par la fibre optique.

**4.4.** Les fichiers doivent être compressés lors de leur transmission afin de réduire la durée de transmission.

## Compétences exigibles ou attendues :

**En noir : officiel (Au B.O.)**

**En bleu : officieux (au vu des sujets de Bac depuis 2013)**

- *Maîtriser les notions de hauteur et de timbre d'un son.*
- Connaître et exploiter la relation liant le niveau d'intensité sonore à l'intensité sonore.
- Définir une onde progressive.
- *Définir une onde mécanique.*
- Connaître et exploiter la relation entre la période ou la fréquence, la longueur d'onde et la célérité.
- Connaître les limites dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets. (1<sup>ère</sup> S).
- Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique.
- *Savoir calculer la définition d'une image (nombre de pixels).*
- *Savoir calculer la taille d'une image (en octets ou en bits).*
- *Expliquer la notion de quantification et y associer le nombre de bits du convertisseur.*

*Rq : la relation permettant de calculer le pas du convertisseur  $p = \frac{\text{plage de mesure}}{2^n}$  n'est pas*

*exigible mais il faut savoir que  $2^n$  valeurs quantifiées sont possibles.*

- Exploiter des informations pour comparer les différents types de transmission.
- *Distinguer propagation libre et propagation guidée.*
- Caractériser une transmission numérique par son débit binaire.

**Problème :**

Sur un site internet d'information scientifique, il est indiqué que « l'apport de l'énergie solaire au cours du vol d'Éraole sera de 25 % ».

En détaillant le raisonnement suivi, déterminer si cette valeur est cohérente avec les informations rassemblées dans les documents ...

**Énergie totale nécessaire** au fonctionnement du moteur électrique pour le vol d'une durée  $\Delta t = 50$  h.

On considère que la durée du décollage est négligeable par rapport à la durée totale du vol, ainsi on utilise la valeur de la puissance en vol de croisière.

$$E_{mot} = P_{mot} \cdot \Delta t$$

$$E_{mot} = 12 \times 10^3 \times 50 \times 3600$$

convertir  $P$  en  $W$  et  $\Delta t$  en  $s$

$$E_{mot} = 2,16 \times 10^9 \text{ J}$$

**Énergie fournie par les cellules photovoltaïques :**

La puissance reçue de la part du soleil est  $P_{Soleil} = \varepsilon \cdot S_{tot}$

L'avion possède  $N = 1728$  cellules de surface égale à  $S_1 = 249 \text{ cm}^2$  (à convertir en  $\text{m}^2$ ).

La surface totale des cellules est donc  $S_{tot} = N \cdot S_1$

On obtient alors  $P_{Soleil} = \varepsilon \cdot N \cdot S_1$

Le rendement  $\eta$  est défini par  $\eta = \frac{P_{elec}}{\varepsilon \cdot N \cdot S_1}$ , ainsi la puissance électrique fournie par les cellules

photovoltaïques a pour expression  $P_{elec} = \eta \cdot \varepsilon \cdot N \cdot S_1$

Il est indiqué que 30% de l'énergie solaire est renvoyée dans l'espace, ainsi seule  $p\% = 70\%$  de l'énergie est disponible. Cela revient à prendre 70% de la valeur fournie de l'éclairement.

L'énergie fournie par les cellules pendant le vol de 50 h est  $E_{elec} = \eta \cdot p\% \cdot \varepsilon \cdot N \cdot S_1 \cdot \Delta t$

$$E_{elec} = \frac{24}{100} \times \frac{70}{100} \times 342 \times 1728 \times 249 \times 10^{-4} \times 50 \times 3600 = 4,5 \times 10^8 \text{ J}$$

```
0.24*0.7*342*1728*249E-4*50*3600
4.449907446E8
```

**Part R de l'apport d'énergie solaire :**

$$R = \frac{E_{elec}}{E_{mot}}$$

$$R = \frac{4,4499 \times 10^8}{2,16 \times 10^9} = 21\%$$

```
4.449907446E8
Ans/2.16E9
2.060142336E-1
```

calcul effectué avec les valeurs non arrondies

### **Regard critique :**

L'article scientifique indique une part de 25 %, donc légèrement supérieure à celle calculée. Les deux valeurs sont proches et valident notre raisonnement.

On peut cependant chercher des causes à l'origine de cet écart.

L'hypothèse qui consistait à ne pas tenir compte de la puissance au décollage n'est pas à remettre en cause. En effet, si elle n'avait pas été faite alors  $E_{mot}$  aurait été supérieure à celle calculée et la part  $R$  aurait été inférieure à 21%. Bref l'écart aurait été encore plus important. Une autre cause est plus probable.

La valeur de l'éclairement ( $342 \text{ W.m}^{-2}$ ) est une moyenne (jour et nuit, hiver et été, tropiques et pôles). Or le vol a lieu le jour du solstice d'été et ce n'est pas par hasard. En effet, ce jour-là l'éclairement est maximal dans l'hémisphère nord où se déroule le vol ; il est donc sans aucun doute supérieur à la valeur prise en compte.

Enfin un autre paramètre n'a pas été pris en compte, toujours concernant l'éclairement.

La valeur donnée correspond à celle au niveau du sol, or l'avion vole à 3000 m d'altitude où l'éclairement est supérieur.

En tenant compte de ces deux facteurs, la part de l'énergie solaire serait sans doute proche de 25%.