

# Correction du DST

## **Exercice 1 Le LASER au quotidien (8 points)**

### I- A propos du texte :

1/ Il s'agit de la diffraction de la lumière blanche sur les petits orifices de la zone gravée. Ces orifices sont tellement petits qu'ils sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière visible ( $a \sim \lambda$ ), d'où une diffraction bien visible.

2/  $\lambda_B = \frac{c}{\nu_B}$  donc  $\nu_B = \frac{c}{\lambda_B}$

Application numérique :  $\nu_B = \frac{3,00 \times 10^8}{405 \cdot 10^{-9}} = 7,41 \cdot 10^{14}$  Hz

3/  $\lambda_B < \lambda_D < \lambda_{CD}$  : en passant de l'infrarouge ( $\lambda_{CD}$  pour le CD), au rouge ( $\lambda_D$  pour le DVD) et finalement au bleu ( $\lambda_B$  pour le Blu-ray), la longueur d'onde diminue.

### II- Diffraction :

4/ Dans le triangle rectangle contenant l'angle  $\theta$  :  $\tan \theta = \frac{\frac{L}{2}}{D}$

L'angle  $\theta$  étant petit, et exprimé en radians :  $\tan \theta \approx \theta$  d'où  $\theta \approx \frac{L}{2D}$

5/ En exprimant  $\theta$  en radians (rad),  $\lambda_D$  en mètres (m) et  $a$  en mètres (m) :  $\theta = \frac{\lambda_D}{a}$

6/ En regroupant les deux formules précédentes :  $\frac{L}{2D} = \frac{\lambda_D}{a}$  d'où  $\lambda_D = \frac{La}{2D}$

7/ Utilisons la relation précédente :  $\lambda_D = \frac{La}{2D}$  et  $\lambda_B = \frac{L'a}{2D}$

Isolons les termes constants : diamètre  $a$  du fil, distance fil-écran  $D$  :  $\frac{\lambda_D}{L} = \frac{a}{2D}$  et  $\frac{\lambda_B}{L'} = \frac{a}{2D}$

L'égalité entre les deux équations nous offre la possibilité d'exprimer  $\lambda_D$  en fonction des données à notre disposition :  $\frac{\lambda_D}{L} = \frac{\lambda_B}{L'}$  et  $\lambda_D = \lambda_B \frac{L}{L'}$

Pour l'application numérique, on peut laisser la longueur d'onde du Blu-ray en nanomètres, et les largeurs des taches centrales de diffraction en centimètre (puisque il s'agit de calculer un rapport de longueur) :  $\lambda_D = 405 \times \frac{4,8}{3,0} = 648$  nm

Le respect des chiffres significatifs impose d'exprimer le résultat avec seulement deux chiffres significatifs (on rappelle  $\lambda_B$  pour comparer) :  $\lambda_D = 0,65$  µm et  $\lambda_B = 0,405$  µm

On vérifie bien que le laser utilisé pour les DVD est dans le rouge. Par rapport à la question 1.3, on vérifie bien que la longueur d'onde utilisée pour le DVD est supérieure à celle utilisée pour le Blu-ray.

### III- Dispersion :

8/  $n = \frac{c}{v}$

9/ La fréquence  $\nu$  (et donc la période  $T$ ) ne sont pas modifiées lorsque la lumière change de milieu. En revanche, la célérité  $v$  et la longueur d'onde  $\lambda$  dépendent du milieu.

10/

10.1/ Formons le rapport des longueurs d'onde  $\lambda$  dans le vide et  $\lambda_C$  dans le polycarbonate, en éliminant la fréquence  $\nu$  pour retrouver la formule de l'indice  $n$  :  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  et  $\lambda_C = \frac{v}{\nu}$  donc  $\frac{\lambda}{\lambda_C} = \frac{c}{v} = n$  donc  $\lambda_C = \frac{\lambda}{n}$

10.2/ Pour l'application numérique, on peut laisser les longueurs d'ondes en nanomètres (nm) :  $\lambda_C = \frac{780}{1,55} = 503$  nm

## **Exercice 2 L'acoustique des théâtres antiques (12 points)**

### **I- Généralités :**

1/ Une onde mécanique est une perturbation d'un milieu matériel élastique. Une onde progressive est une perturbation qui se déplace dans le milieu, elle progresse.

2/ Les ondes sonores se déplacent dans toutes les directions de l'espace, donc trois dimensions.

### **II- Utilisation d'un émetteur ultrasonore :**

3/ La longueur d'onde est la plus petite distance entre deux points en phase (les autres définitions sont moins générales).

4/  $\lambda=v/f$ .

5/ La fréquence  $f$  des ondes intervient au dénominateur de la formule précédente ; puisque les fréquences des ultrasons sont supérieures à celles d'un son audible, les longueurs d'onde  $\lambda$  des ultrasons seront plus faibles que celles d'un son audible.

6/ En plus d'être inaudibles, et donc plus agréables à manipuler, les ultrasons permettent de réduire la taille de la maquette d'un facteur identique aux rapports des longueurs d'onde du son sur celle des ultrasons. On travaille par synchronisation, sur une maquette entièrement à l'échelle, y inclus les ondes utilisées.

7/ Un milieu dispersif est un milieu dans lequel la célérité des ondes dépend de leur fréquence. L'air est un milieu non dispersif : la célérité des sons et des ultrasons, de fréquences différentes, est constante.

### **III- Influence du plafond :**

8/ Retard  $\tau$  pour une distance  $D$  et une célérité  $v$  :  $v = \frac{D}{\tau}$  donc  $\tau = \frac{D}{v}$

Application numérique (simple!) :  $v = 2,0 \text{ ms}$

9/ Dans l'expérience 1, l'écho est fort et persistant. Dans l'expérience 2, l'écho est plus faible, et quasiment nul dans l'expérience 3.

10/ La situation la plus intéressante du point de vue de l'acoustique est la situation 3 : l'écho est minime, les voix seront bien plus compréhensibles par l'ensemble des spectateurs. Le défaut de cette situation est l'absence de toit pour l'éventuelle salle de concert. Les conditions climatiques peuvent donc imposer la situation 2, qui est un pis-aller.

11/ Le plafond des salles de concert est recouvert de dalles alvéolées formées d'un matériau absorbant afin d'amortir et d'absorber le maximum d'ondes sonores, et ainsi d'éviter les échos au maximum. La cantine du lycée est un bon exemple d'un tel aménagement.

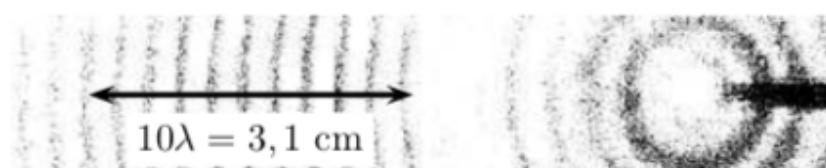
### **IV- Rôle du mur : simulation à l'aide d'une cuve à ondes :**

12/ Les ondes créées par le vibreur sont transversales ; en effet, dans le texte il est indiqué que la pointe du vibreur frappe la surface de l'eau verticalement, les ondes de gravité formées se propageant horizontalement, à deux dimensions, à la surface de l'eau.

13/ On constate sur l'image de l'expérience 1 que les ondes sont peu visibles, car très atténuées : la réflexion ou écho sur le mur plan crée une onde réfléchie qui se superpose à l'onde incidente, en l'annulant partiellement. Cette situation est très défavorable à une écoute dans de bonnes conditions : le mur plan est très gênant.

A contrario sur l'image de l'expérience 2, les ondes sont bien visibles, le mur alvéolé améliore l'écoute.

14/ On mesure la longueur entre onze crêtes, donc dix longueurs d'ondes (plus simple à calculer que tout autre nombre, et suffisamment précis) :



Il faut de plus tenir compte de l'échelle du document, pour lequel 2 cm mesurés correspondent en fait à 10 cm :

$$10\lambda = 3,1 \times \frac{10}{2} = 15,5 \text{ cm}$$

$$\lambda = 1,55 \text{ cm}$$

**15/** Le pupitre est alvéolé côté orchestre pour minimiser les échos, et plan côté scène, bordée quant à elle par un mur alvéolé (les niches et les colonnes, qui n'ont pas qu'un rôle décoratif). Cette configuration élimine idéalement l'écho en direction des spectateurs, tout en permettant aux artistes d'entendre correctement l'orchestre.

**16/** On a  $AB = 2d$ . D'où l'expression du retard  $\Delta t$  de l'écho sur l'onde incidente :  $v = \frac{AB}{\Delta t}$  donc  $\Delta t = \frac{AB}{v} = \frac{2d}{v}$

**17/** Afin que les consonnes soient compréhensibles, il est nécessaire que le retard de l'écho ne dépasse pas 1/25e de seconde :

$$\Delta t_{\max} = \frac{1}{25} \text{ s}$$

On en déduit la profondeur maximale de la scène :  $\Delta t_{\max} = \frac{2d_{\max}}{v}$  donc  $d_{\max} = \frac{\Delta t_{\max} v}{2}$

Application numérique :

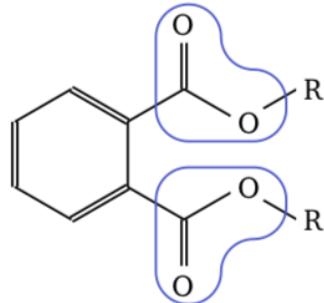
$$d_{\max} = \frac{\frac{1}{25} \times 350}{2} = \frac{350}{50} = 7,0 \text{ m}$$

— Fin —

# Correction du DST

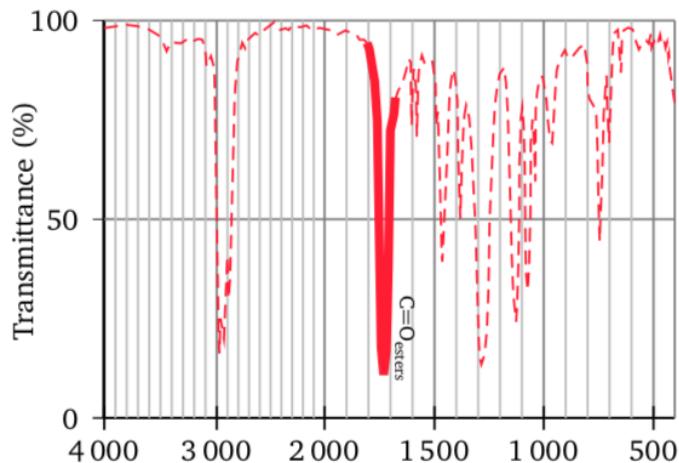
## Exercice 1 Emballages alimentaires (8 points)

1/ La formule générale des phtalates comprends deux groupements esters (fonction chimique ester), les groupes R étant des alkyles. Le cycle aromatique appelé groupe benzylique (fonction benzylique) n'est pas un groupe exigible dans le programme de Terminale S. Les deux fonctions esters sont entourées sur la molécule :

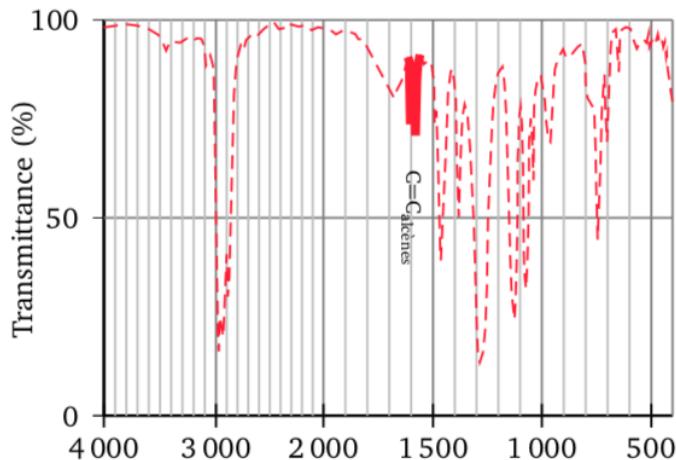


2/

2.1/ La bande d'absorption à  $1740 \text{ cm}^{-1}$  correspond à la liaison  $\text{C}=\text{O}$  des esters, donnée comme intense entre  $1735-1750 \text{ cm}^{-1}$ , ce qui est parfaitement conforme.



2.2/ Les bandes d'absorption vers  $1550 - 1600 \text{ cm}^{-1}$  sont ni intenses, ni larges, elle sont moyennes ; il s'agit des doubles liaisons  $\text{C}=\text{C}$  présentes dans le cycle aromatique.



Quant aux bandes situées vers  $2\ 900 - 3\ 000\ \text{cm}^{-1}$ , il s'agit d'après le tableau de données d'une bande caractéristique des alcanes C - H. Il s'agit d'une bande de largeur moyenne mais néanmoins intense. Sa présence est typique d'une molécule comportant une chaîne hydrogénocarbonée.

3/

**3.1/** Choix correspondant au maximum d'absorbance pour l'espèce voulue et aucune absorbance pour les autres espèces

**3.2/** Ni C=C ni C=O dans le solvant donc c'est OK

4/

**4.1/**  $C = A/k = 0,223/0,1062 = 2,1\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

**4.2/** 0,21 % de phtalate

5/ Maxi 0,1 % donc pas de mise sur le marché !

## Exercice 2 Spectroscopie RMN (10 points)

1/ La lettre  $\delta$  représente le déplacement chimique sur un spectre RMN du proton. La notation ppm veut dire partie par million.

2/ Le tétramethylsilane souvent abrégé TMS sert de référence (étalon) interne en spectroscopie RMN  $^1\text{H}$  pour les déplacements chimiques.

3/

- Formule développée (a) + 3 groupes de H
- Formule développée (b) + 2 groupes de H

4/

- H équivalents : 2 pics, donc (b)
- Multiplicité et # voisins : 1 donc doublet et 6 donc heptuplet, donc (b)
- Nombre de H :  $6 + 1 = 7$  H autant pour (a) que pour (b)

5/

- 1,3 ppm correspond au groupe H – C – C–, montré sur la molécule (A)
- 4,2 ppm correspond au groupe H – C – O – CO–, montré sur la molécule (A)
- 8,1 ppm correspond au groupe H – CO – O–, montré sur la molécule (A)
- H équivalents : 3 pics, donc (A)
- Multiplicité et # voisins : 0 donc singulet, 3 donc quadruplet, 2 donc triplet, donc (A)
- Nombre de H :  $3 + 2 + 1 = 6$  H autant pour (A) que pour (B)

## Exercice 3 L'effet Doppler en astrophysique (5 points)

1/  $z = (1161 - 121,6)/121,6 = 8,55$  en accord.

2/  $\lambda$  augmente donc éloignement à haute vitesse !

3/  $v = 2,93 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

4/  $D$  et  $v$  proportionnels donc  $v$  augmente si  $D$  augmente.

5/  $D = 4,2\ \text{Gpc}$  ou  $1,3 \cdot 10^{10}\ \text{al}$  ou  $1,2 \cdot 10^{26}\ \text{m}$

— Fin —

# Correction du DST

## **Exercice 1** La chute des boulets (14 points)

**1/** On applique l'équation horaire  $x = \frac{1}{2}gt^2$  :

$$x_1 = \frac{1}{2}g\tau^2 \quad ; \quad x_2 = \frac{1}{2}g(2\tau)^2 = \frac{4}{2}g\tau^2 \quad ; \quad x_3 = \frac{1}{2}g(3\tau)^2 = \frac{9}{2}g\tau^2$$

**2/** On utilise les expressions précédentes :

$$\begin{aligned} h_1 &= x_1 - x_0 = \frac{1}{2}g\tau^2 - 0 = \frac{1}{2}g\tau^2 \\ h_2 &= x_2 - x_1 = \frac{1}{2}g(4\tau^2 - \tau^2) = \frac{3}{2}g\tau^2 \\ h_3 &= x_3 - x_2 = \frac{1}{2}g(9\tau^2 - 4\tau^2) = \frac{5}{2}g\tau^2 \end{aligned}$$

On peut alors exprimer chaque hauteur en fonction de  $h_1$  :

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{1}{2}g\tau^2 \\ h_2 &= \frac{3}{2}g\tau^2 = 3h_1 \\ h_3 &= \frac{5}{2}g\tau^2 = 5h_1 \end{aligned}$$

**3/** Oui, on retrouve la suite des hauteurs de chute annoncée par GALILÉE.

Ainsi, partant de l'instant initial  $t = 0$ , le corps en chute parcourt la distance  $h_1$  pendant la durée  $\tau$  ; pendant la même durée supplémentaire, il parcourt la distance  $h_2 = 3h_1$ , puis encore dans la même durée une distance  $h_3 = 5h_1$ . Finalement, pour des temps  $\tau$  égaux, la distance parcourue est la suite arithmétique de raison  $2h_1$  et de premier terme  $h_1$ , tel qu'annoncé par GALILÉE.

**4/** La proposition **a** n'est à mettre au crédit d'aucun de nos deux illustres scientifiques, quoique ARISTOTE fût plutôt considéré en son temps comme un mathématicien et un philosophe (donc un métaphysicien, de méta : « avant »), que comme un scientifique ;

La proposition **b** correspond à l'affirmation d'ARISTOTE — il ne basait pas ses affirmations sur l'expérience, contrairement à GALILÉE ;

La proposition **c** correspond à l'affirmation de GALILÉE.

Lors de Bac ces trois réponses ont été notées en « tout ou rien ».

**5/** Expression de la durée  $\Delta t$  de la chute en fonction de la hauteur  $H$  de chute :

$$\begin{aligned} \Rightarrow x(t) = \frac{1}{2}gt^2 &\Rightarrow \frac{1}{2}g\Delta t^2 = H \\ \Leftrightarrow g\Delta t^2 &= 2H \\ \Leftrightarrow \Delta t^2 &= \frac{2H}{g} \\ \Leftrightarrow \Delta t &= \sqrt{\frac{2H}{g}} \end{aligned}$$

Application numérique :

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2 \times 57}{9,8}} = 3,4 \text{ s}$$

L'extrait n°2 annonce un temps de 5 s. La différence en pourcentage constatée est de :

$$\frac{5 - 3,4}{3,4} = 47 \%$$

Elle peut provenir du fait que l'équation horaire utilisée pour le calcul n'est valable que dans le cas d'une chute libre, alors que GALILÉE ne disposait pas des moyens techniques permettant de créer le vide d'air (1654 et Otto von GUERICKE

pour le premier vide), ou tout au moins d'obtenir des frottements négligeables dans un vide partiel, et encore moins de chronométrier les temps de manière précise.

**6/** Loi de l'action et de la réaction, ou troisième loi de Newton : Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction, mais de sens opposés, exercée par le corps B. La force de poussée exercée par l'ensemble { galiote + canon + gaz } est égale et opposée à la réaction exercée par le système { boulet }.

**7/**

**7.1/** Poussée d'Archimède : égale et opposée au poids du fluide déplacé, ici l'air, de masse volumique  $\rho_{\text{air}}$ , avec  $V$  pour le volume déplacé :

$$\vec{F}_A = -\rho_{\text{air}} V \vec{g}$$

En intensité :

$$\begin{aligned} F_A &= \rho_{\text{air}} V g \\ F_A &= 1,29 \times 12,7 \times 10^{-3} \times 9,8 = 0,16 \text{ N} \end{aligned}$$

**7.2/** Poids :

$$\vec{P} = m \vec{g}$$

Intensité :

$$P = mg = 100 \times 9,8 = 9,8 \times 10^2 \text{ N}$$

**7.3/** Rapport des intensités :

$$\frac{P}{F_A} = \frac{9,8 \times 10^2}{0,16} = 6,1 \times 10^4$$

Ce rapport est supérieur à 100. On est bien dans le cas où l'on peut négliger la poussée d'Archimède.

**7.4/** Bilan des forces sur le système {boulet} : poids  $\vec{P}$ . Toutes les autres forces sont négligeables, conformément aux questions précédentes. Il s'agit donc d'une chute libre.

**8/** Deuxième loi de Newton :

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_{\text{ext}} &= m \vec{a}_G \\ \Rightarrow \quad \vec{P} &= mg = m \vec{a}_G \\ \Rightarrow \quad \vec{a}_G &= \vec{g} \end{aligned}$$

Projection dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  :

$$a_G = \begin{cases} \ddot{x} = 0 \\ \ddot{y} = -g \end{cases}$$

Intégration par rapport au temps :

$$\vec{v}_G = \begin{cases} \dot{x} = v_{0x} \\ \dot{y} = -gt + v_{0y} \end{cases}$$

Conditions initiales :  $\vec{v}_G(t=0) = \vec{v}_0$

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha \text{ et } v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$\vec{v}_G = \begin{cases} \dot{x} = v_0 \cos \alpha \\ \dot{y} = -gt + v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

Seconde intégration par rapport au temps :

$$\overrightarrow{OG} = \begin{cases} x(t) = (v_0 \cos \alpha) t + x_0 \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin \alpha) t + y_0 \end{cases}$$

Conditions initiales : G en O à  $t = 0$

$$x_0 = 0 \text{ et } y_0 = 0$$

$$\overrightarrow{OG} = \begin{cases} x(t) = (v_0 \cos \alpha) t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin \alpha) t \end{cases}$$

**9/** Eliminons  $t$  en l'exprimant à l'aide de  $x(t)$  :

$$x(t) = (v_0 \cos \alpha) t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

Remplaçons dans l'expression de  $y(t)$  :

$$y = -\frac{1}{2}g \left( \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \right)^2 + v_0 \sin \alpha \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

$$y(x) = -\frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + (\tan \alpha) x$$

Identification avec la solution proposée par l'énoncé :

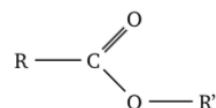
$$\begin{cases} A = -\frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2 \cos^2 \alpha} \\ B = \tan \alpha \end{cases}$$

Analyse dimensionnelle :

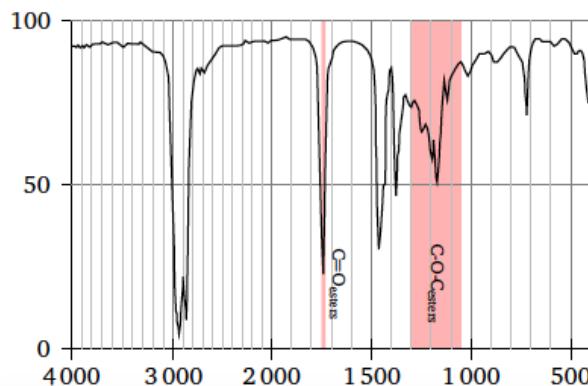
$$\begin{cases} [A] = \frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2} = \frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} = \text{m}^{-1} \\ [B] = \text{sans unité} \end{cases}$$

## Exercice 2 La cire d'abeille (6 points)

**1/** Formule générale d'un ester :

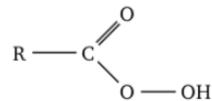


où  $\text{R}'$  est un groupe alkyle, et  $\text{R}$  un groupe alkyle ou éventuellement un hydrogène.

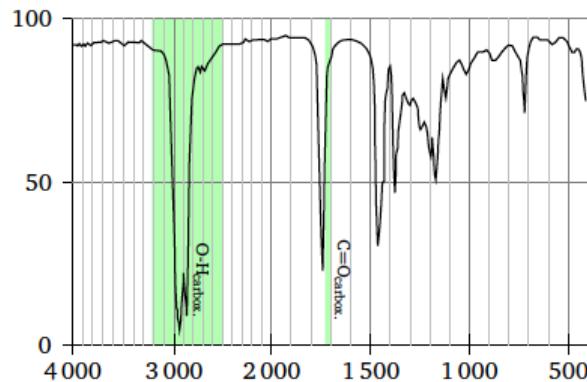


Si un ester est présent dans l'échantillon, on aura une bande intense entre  $1735$  et  $1750\text{ cm}^{-1}$ , caractéristique du  $\text{C}=\text{O}$  des esters, ainsi qu'une autre bande intense entre  $1050$  et  $1300\text{ cm}^{-1}$ , caractéristique de  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ .

**2/ Formule générale d'un acide carboxylique :**

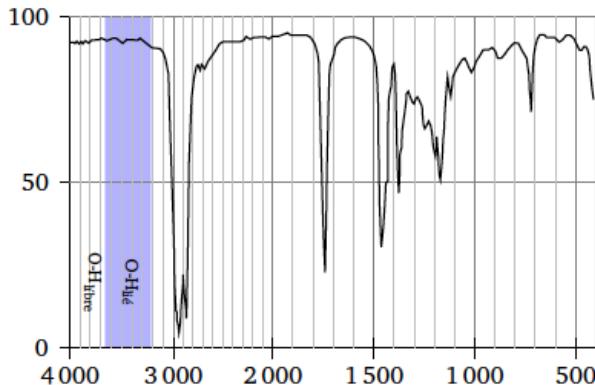


où R est un groupe alkyle ou éventuellement un hydrogène.



Si un acide carboxylique est présent dans l'échantillon, on aura une bande intense et large entre 2500 et 3200 cm<sup>-1</sup> pour le O-H, et une bande intense entre 1700 et 1725 cm<sup>-1</sup> pour le C=O.

Formule générale d'un alcool : R-OH, où R est un groupe alkyle.



Si un alcool est présent, on aura éventuellement une bande intense et fine entre 3 590 et 3 650 cm<sup>-1</sup> pour le O-H libre, et une bande moyenne et large entre 3 200 et 3 600 cm<sup>-1</sup> pour le O-H lié.

**3/** On constate que le spectre ne présente aucune bande caractéristique des alcools O-H. Une bande caractéristique du C=O est présente, il s'agit précisément du C=O d'un ester. L'ester du miel a été conservé tel que, il n'a pas été hydrolysé en alcool et en acide carboxylique, le miel a donc été conservé en milieu sec.

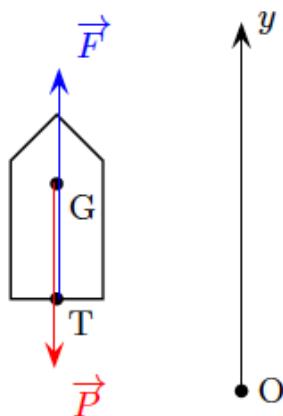
Fin

# Correction du DST

## Exercice 1 Lancement d'un satellite météorologique (15 points)

1/

**1.1/** Les deux forces, le poids  $\vec{P}$  et la force de poussée  $\vec{F}$ , sont colinéaires et de sens opposés ; on note T le centre des tuyères des réacteurs, point d'application de la poussée  $F$ . Artificiellement, on décale très légèrement l'un des deux vecteurs pour mieux voir l'autre :



**1.2/** Deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \vec{a}_G \Rightarrow \vec{P} + \vec{F} = m \vec{a}_G$$

Projection sur l'axe ( $Oy$ ) dirigé vers le haut :

$$-mg + F = ma_y \iff a_y = \frac{F}{m} - g$$

La fusée n'a pas d'accélération selon les deux autres axes ( $Ox$ ) et ( $Oz$ ).

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = |a_y| = \left| \frac{F}{m} - g \right|$$

De plus, afin d'assurer une accélération de la fusée vers le haut,  $F > mg$  et donc  $a_y > 0$  :

$$a = \frac{F}{m} - g$$

Application numérique :

$$a = \frac{1,16 \cdot 10^7}{7,3 \cdot 10^5} - 10 = 5,9 \text{ m.s}^{-2}$$

**1.3/** On intègre l'équation différentielle précédente :

$$v(t) = \left( \frac{F}{m} - g \right) t + v_0 = at + v_0$$

La condition initiale  $v(t=0) = 0$  (Ariane 5 immobile) permet de déterminer la valeur de la constante d'intégration  $v_0 = 0$  :

$$v(t) = at$$

**1.4/** On intègre une deuxième fois :

$$y(t) = \frac{1}{2}at^2 + y_0$$

La condition initiale  $y(t = 0) = 0$  (G confondu avec l'origine O) permet de déterminer la valeur de la constante d'intégration  $y_0 = 0$  :

$$y(t) = \frac{1}{2}at^2$$

**1.5/** Distance parcourue au temps  $t_1 = 6,0$  s :

$$y(t_1) = \frac{1}{2} \times 5,9 \times (6,0)^2 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ m}$$

**2/** Il y a des frottements visqueux dus à l'atmosphère.

**3/** Force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite, appliquée au centre S du satellite, dirigée de S vers T :

$$\vec{F}_{TS} = G \frac{M_T m}{(R_T + h)^2} \vec{n}$$

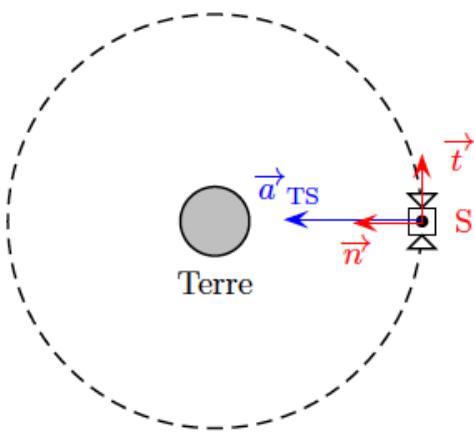
**4/** Le satellite n'est soumis qu'à la force d'interaction gravitationnelle due à la Terre. La deuxième loi de Newton s'écrit :

$$\sum F_{\text{ext}} = m \vec{a}_S \Rightarrow \vec{F}_{TS} = m \vec{a}_S$$

$$m \vec{a}_S = G \frac{M_T m}{(R_T + h)^2} \vec{n}$$

$$\vec{a}_S = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{n}$$

**5/**



**6/** Le satellite est en mouvement circulaire uniforme. La valeur de l'accélération centripète  $a_S$  du satellite est liée à la valeur de sa vitesse  $v_S$  par la relation :

$$a_S = \frac{v_S^2}{R_T + h} \iff v_S = \sqrt{a_S (R_T + h)}$$

On remplace par l'expression précédente de l'accélération :

$$a_S = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \Rightarrow v_S = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$$

Application numérique :

$$v_S = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 6,0 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^3 + 6,0 \cdot 10^2) \cdot 10^3}}$$

$$v_S = 7,6 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

**7/**  $T$  est la période du satellite, ou durée d'une révolution. Une révolution, de longueur  $2\pi(R_T + h)$ , est parcourue dans le temps  $T$  à la vitesse  $v_S$  constante, donc :

$$v_S = \frac{2\pi(R_T + h)}{T} \iff T = \frac{2\pi(R_T + h)}{v_S}$$

On remplace  $v_S$  par son expression :

$$T = 2\pi(R_T + h) \sqrt{\frac{R_T + h}{GM_T}} = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{GM_T}}$$

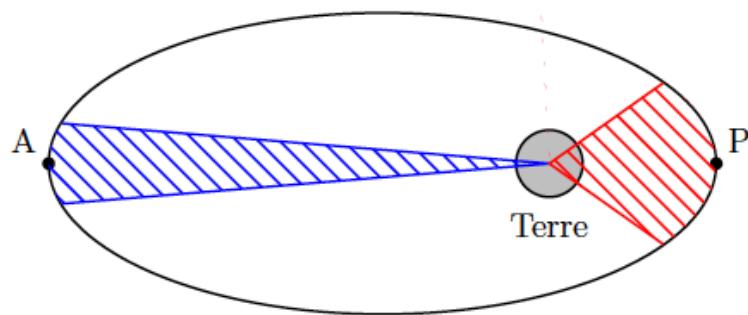
On élève les deux membres au carré :

$$\Rightarrow \frac{T^2}{(R_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T}$$

C'est la troisième loi de Képler : le carré de la période divisé par le cube du rayon de l'orbite est égal à une constante.

**8/** Deuxième loi de Képler : le rayon vecteur  $\vec{TS}$  reliant le centre de l'astre attracteur (ici, la Terre) au centre du satellite balaye des aires égales pendant des durées égales.

**9/** L'orbite de transfert est elliptique; le point A est l'aphélie, point le plus éloigné du centre attracteur, le point P est le périhélie, point le plus proche du centre attracteur. Si on veut que le rayon vecteur  $\vec{TS}$  balaye des aires égales pendant des durées égales, il faut que le déplacement soit plus rapide en P qu'en A :



Ainsi, la vitesse est maximale au point P, et minimale au point A.

**10/**

Un satellite géostationnaire doit :

- avoir la même période de révolution que la Terre, soit un jour sidéral,  $T = 86\,164 \text{ s} \approx 24 \text{ h}$  ;
- tourner d'Est en Ouest ;
- se trouver dans le plan de l'équateur.

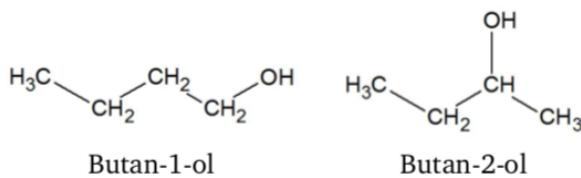
Si ces conditions sont réunies, le satellite apparaîtra immobile par rapport au sol.

## Exercice 2 Identifier une molécule (5 points)

1/ Les groupes caractéristiques qui sont formés d'un seul atome d'oxygène sont :

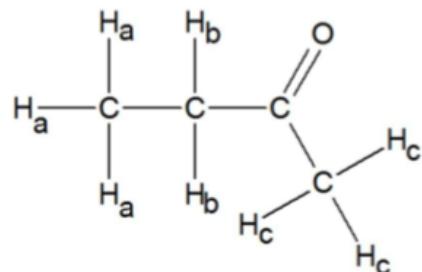
- le groupe hydroxyle (fonction ou famille des alcools)  $R - OH$  ;
- le groupe carbonyle (fonctions ou familles des aldéhydes  $R = O$  ou des cétones  $R - CO - R'$ ) ;
- le groupe ou fonction ou famille des éthers-oxydes  $R - O - R'$  (ce dernier groupe étant hors programme, la réponse était facultative).

2/ Formules semi-développées possibles pour les deux isomères du butanol :



3/ On constate que A a deux atomes d'hydrogène en moins par rapport au butanol ; par conséquent, afin de conserver toujours quatre liaisons à chacun des atomes de carbone et deux liaisons à l'atome d'oxygène tel que l'impose la règle de l'octet, il faut soit insérer quelque part dans la molécule une double liaison, soit créer un cycle. Or l'énoncé indique que la molécule n'est pas cyclique, par conséquent la molécule A comporte une double liaison  $C = C$  ou  $C = O$ .

4/ Dans la formule développée suivante, les protons équivalents sont mis en exergue par une lettre :



5/ Le groupe des trois protons équivalents (a) a deux protons voisins, donc ils vont former un triplet ;  
Le groupe de deux protons équivalents (b) a trois protons voisins, ils vont former un quadruplet ;  
Le groupe de trois protons équivalents (c) n'a aucun proton voisin, ils forment un singulet.  
Le seul spectre compatible est donc le spectre n° 1 (où le singulet à  $\delta = 0$  ppm correspond à la référence).

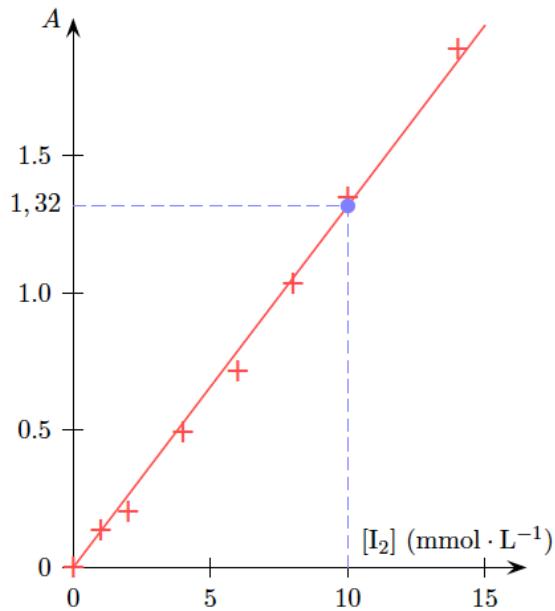
— Fin —

# Correction du DST

## **Exercice 1 Cinétique de la décomposition de l'eau oxygénée (12 points)**

1/

**1.1/** Un centimètre pour un millimole par litre pour la concentration en diiode en abscisse, et un centimètre pour un dixième pour l'absorbance  $A$  en ordonnée, est un choix d'échelle convenable pour votre copie.



**1.2/** Sur le graphique précédent, on trace une droite d'interpolation moyenne passant par l'origine (qui est un point certain). L'absorbance est proportionnelle à la concentration en diiode :

$$A = k \cdot [I_2] \iff k = \frac{A}{[I_2]}$$

Pour déterminer la pente  $k$  de la droite, on effectue une lecture graphique en choisissant un point dont les coordonnées facilitent le calcul, comme par exemple  $\Rightarrow [I_2] = 10 \text{ mmol.L}^{-1}$  :

$$k = \frac{1,32}{10} \text{ mmol.L}^{-1} = 0,132 \text{ L.mmol}^{-1}$$

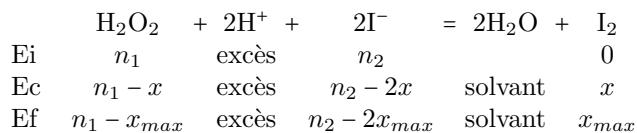
$$A = 0,132 \cdot [I_2] \text{ (en mmol.L}^{-1}\text{)}$$

2/

**2.1/**

$$n_1 = C_1 \times V_1 = 8,0 \times 10^{-2} \times 1,0 \times 10^{-3} = 8,0 \times 10^{-5} \text{ mol.}$$

$$n_2 = C_2 \times V_2 = 6,0 \times 10^{-2} \times 1,0 \times 10^{-3} = 6,0 \times 10^{-5} \text{ mol.}$$

**2.2/**

**2.3/**  $x_{max} = \frac{6,0 \times 10^{-5}}{2} = 3,0 \times 10^{-5} < 8,0 \times 10^{-5}$  mol donc les ions iodure I<sup>-</sup> sont le réactif limitant.

**3/** Etude cinétique : on mesure l'absorbance en fonction du temps.

**3.1.a /**  $n(I_2) = x$ .

**3.1.b / Concentration en diiode :**

$$[\text{I}_2] = \frac{n(I_2)}{V} = \frac{x}{V_1 + V_2}$$

Lien avec l'absorbance :

$$A = k[\text{I}_2] = \frac{kx}{V_1 + V_2} \iff x = \frac{A(V_1 + V_2)}{k}$$

**3.1.c / Vitesse volumique de réaction :**

$$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

A volume constant, cette vitesse est proportionnelle à la pente de la courbe  $x(t)$ , qui est par définition sa dérivée  $dx/dt$ .

La pente de la courbe  $x(t)$  est maximale à l'origine, puis décroît au fur et à mesure du temps, jusqu'à s'annuler à la limite des temps longs (asymptote horizontale pour  $x = x_{max}$ ).

Il en est de même pour la vitesse de réaction : maximale à l'instant initiale, puis de plus en plus faible jusqu'à s'annuler.

**3.1.d / Le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$**  est le temps pour lequel la moitié du réactif limitant a été consommé. A ce temps  $t = t_{1/2}$  :

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$$

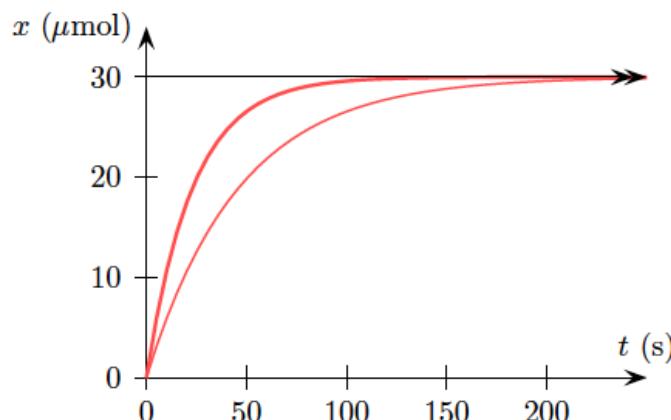
Détermination graphique :  $x_{max} = 30 \mu\text{mol}$  donc lecture graphique à  $x_{max}/2 = 15 \mu\text{mol}$  :

$$t_{1/2} = 0,65 \text{ cm} \times \frac{200 \text{ s}}{4 \text{ cm}} = \frac{65}{2} \text{ s}$$

$$t_{1/2} \approx 32 \text{ s}$$

**3.1.e / La température est un facteur cinétique** : en l'augmentant, on augmente la vitesse de réaction, i. e. la réaction est plus rapide.

Sur l'annexe la courbe à tracer (à main levée) a une tangente à l'origine de pente plus forte, mais même asymptote horizontale  $x(t \rightarrow \infty) = x_{max}$  :

**Exercice 2 Golden eye (8 points)**

1/ Par définition, le travail d'une force  $\vec{F}$  sur un déplacement AB s'écrit  $W_{AB} = -\vec{F} \cdot \vec{AB}$ .

Dans le cas d'un référentiel terrestre supposé galiléen avec un champ de pesanteur uniforme, considérons un objet de masse  $m$  soumis au poids  $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$  de telle sorte que cette objet passe de l'altitude  $z_A$  à  $z_B$ .

On a alors :  $W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times AB \times \cos \alpha$  où  $\alpha$  est l'angle entre les vecteurs  $\vec{P}$  et  $\vec{AB}$ .

Or, on voit que  $AB \times \cos \alpha = z_A - z_B$ .

On obtient donc  $W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)$ .

Or, on sait que le poids est une force conservative de telle sorte que  $\Delta E_{pp} = E_{pp}(A) - E_{pp}(B) = W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)$ . Par conséquent, l'énergie potentielle de pesanteur s'écrit  $E_{pp} = m \times g \times z + \text{constante}$ .

**2/** Le système "Bond+Terre" n'est soumis à aucune force. L'énergie mécanique est donc constante.

En prenant comme référence de l' $E_{pp}$  le sol, on a  $E_{pp}(0) = 0$  :

$$E_m(\text{départ}) = E_c(\text{départ}) + E_{pp}(\text{départ}) = E_{pp}(\text{départ}) = m \times g \times h$$

$$\text{et } E_m(\text{final}) = E_c(\text{final}) + E_{pp}(\text{final}) = E_c(\text{final}) = \frac{1}{2} \times m \times v_f^2$$

$$E_m(\text{départ}) = E_m(\text{final})$$

$$\text{donc } \frac{1}{2} \times m \times v_f^2 = m \times g \times h$$

$$\text{d'où } v_f = \sqrt{2 \times g \times h} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 220} = 65,7 \text{ m/s}$$

**3/**

**3.1/** Variation d'énergie cinétique pendant le freinage :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times m \times v_f^2 - \frac{1}{2} \times m \times v_i^2 = -\frac{1}{2} \times m \times v_i^2 = -500 \times (83,5/3,6)^2 = -2,69 \cdot 10^5 \text{ J}$$

**3.2/** Le véhicule est soumis à son poids, la réaction du sol et à la force de freinage  $f$  appliquée au véhicule pendant le freinage.

Le travail du poids et de la réaction du sol sont nuls (force perpendiculaire au déplacement). Le travail de la force de freinage  $W_f = -f \cdot AB$

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique au système :

$$\Delta E_c = W_f = -f \cdot AB$$

$$\text{d'où } f = \frac{-\Delta E_c}{AB} = \frac{2,69 \cdot 10^5}{50} = 5,38 \cdot 10^3 \text{ N}$$

———— Fin ————

# Correction du DST

## Exercice 1 Différents types de satellites (10 points)

**1/** Le satellite Météosat est géostationnaire : il évolue dans le plan de l'équateur. Sa période de révolution  $T = 1\,436 \times 60 = 86\,160$  s est égale au jour sidéral. Dernier critère sur les trois, on peut faire confiance aux ingénieurs français pour l'avoir lancé dans le bon sens... quoique !

**2/** Dans le référentiel géocentrique, le plan de la trajectoire de ce satellite est fixe, alors que la Terre tourne autour de l'axe des pôles. Une caméra embarquée et pointée vers la Terre balaie la surface de celle-ci.

**3/**

**3.1/** Système : satellite, référentiel géocentrique supposé galiléen, la seule force à prendre en compte en première approximation est la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite, donc la deuxième loi de Newton s'écrit, en notant  $m$  la masse du satellite et  $\vec{n}$  le vecteur unitaire radial, centripète, de la base de Frenet :

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_{\text{ext}} = G \frac{M_T m}{(R_T + h)^2} \vec{n}$$

Dans l'hypothèse d'un mouvement circulaire, forcément uniforme puisque le vecteur accélération est alors perpendiculaire au mouvement, on a :

$$\begin{aligned} \vec{a} &= \frac{v^2}{R_T + h} \vec{n} \\ \frac{v^2}{R_T + h} &= \frac{GM_J}{(R_T + h)^2} \iff v = \sqrt{\frac{GM_J}{R_T + h}} \end{aligned}$$

Applications numériques :

$$v_M = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{(6\,380+35\,800) \times 10^3}} = 3,08 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_S = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{(6\,380+832) \times 10^3}} = 7,44 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

**3.2/** La période  $T$  de rotation orbitale du satellite s'écrit comme le rapport de la longueur de l'orbite sur la vitesse orbitale :

$$T = \frac{2\pi(R_T + h)}{v}$$

Applications numériques :

$$T_M = \frac{2\pi(6\,380+35\,800) \times 10^3}{3,08 \cdot 10^3} = 8,62 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$T_S = \frac{2\pi(6\,380+832) \times 10^3}{3,08 \cdot 10^3} = 6,09 \cdot 10^3 \text{ s}$$

En divisant par 60 on retrouve bien les données du tableau.

**3.3/** La troisième loi de Képler indique que  $T^2/R^3 = k$ , une constante. Utilisons les données pour une application numérique pour chaque satellite :

$$\frac{T^2}{(R_T+h)^3} = \frac{1436^2}{(6\,380+35\,800)^3} = 2,747 \cdot 10^{-8}$$

$$\frac{T^2}{(R_T+h)^3} = \frac{102^2}{(6\,380+832)^3} = 2,774 \cdot 10^{-8}$$

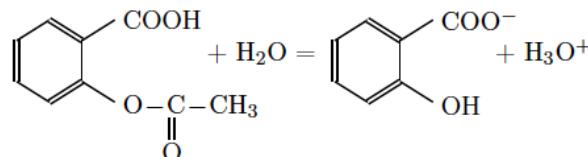
La troisième loi de Képler est donc vérifiée à mieux que 1 % près (cet écart correspond aux précisions des mesures, cette question est assez creuse en fait).

## Exercice 2 Titrage de l'aspirine (10 points)

### 1/ Etude de l'acide salicylique

**1.1/** Selon la définition de Brönsted, un acide est une espèce susceptible de céder un proton hydrogène.

**1.2/** Lors de sa réaction sur l'eau, l'aspirine est susceptible de perdre l'hydrogène labile porté par le groupe carboxylique :



**1.3/** Tableau d'avancement, en littéral :

	Avancement	AH	$+ \text{H}_2\text{O} = \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$		
Etat initial	0	$n_0$	excès	0	$\epsilon$
En cours	$x$	$n_0 - x$	excès	$x$	$x$
Etat final	$x_f$	$n_0 - x_f$	excès	$x_f$	$x_f$
ET	$x_{max}$	0	excès	$n_0$	$n_0$

**1.4/** Pour déterminer l'équivalence, on repère tout d'abord l'extremum de la courbe  $\frac{dpH}{dV_b} = f(V_b)$  :

$$v_{bE} = 14,2 \text{ mL}$$

On reporte ensuite cette valeur sur la courbe  $pH = f(V_b)$  pour lire en ordonnée le pH du point équivalent :

$$pH_E = 7,5$$

On peut aussi tracer une méthode des tangentes, mais cela nécessite beaucoup de soin et est un peu maladroit alors que l'on dispose de la dérivée.

**1.5/** A l'équivalence acido-basique, les réactifs ont été introduits en proportions stœchiométriques. Ici, en notant  $n_{AH} = n_A$  la quantité d'acide salicylique dans la solution diluée que l'on dose par  $n = n_b$  d'ions hydroxyde versés à l'équivalence :

$$n_a = n_b$$

$$C_a V_a = C_b V_b$$

$$C_a = C_b \frac{V_b}{V_a}$$

Application numérique :

$$C_a = 0,10 \times \frac{14,2}{20,0} = 7,1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

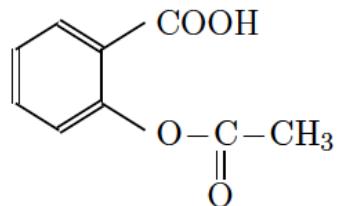
La solution pharmaceutique est dix fois plus concentrée que notre prise d'essai :

$$C_{pharma} = 10 \times C_a = 0,71 \text{ mol.L}^{-1}$$

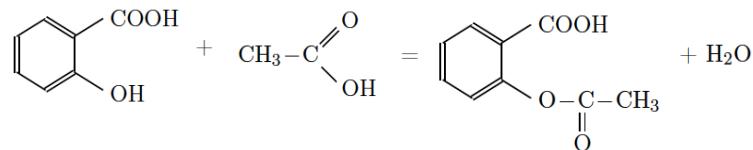
**1.6/** L'indicateur coloré doit encadrer le pH à l'équivalence avec sa zone de virage. Avec  $pH_E = 7,5$ , le rouge de créosol convient le mieux.

## 2/ De l'acide salicylique à l'aspirine

**2.1/** Deux groupes caractéristiques dans l'acide acétylsalicylique : un groupe carboxyle et un groupe ester :



**2.2/** Réaction de synthèse de l'acide acétylsalicylique :



Il s'agit d'une estérification. Les estérifications sont des réactions lentes et non-totales, c'est-à-dire aboutissant à un équilibre.

### 2.3/

- Les ions oxonium sont les catalyseurs de cette réaction d'estérification.  
Un catalyseur est une espèce chimique qui accélère une réaction, sans intervenir dans son bilan ni modifier son état final.
- Utiliser un réactif en excès permet un déplacement d'équilibre dans le sens direct (facteur thermodynamique), ainsi qu'une augmentation de la vitesse de réaction (facteur cinétique concentration).

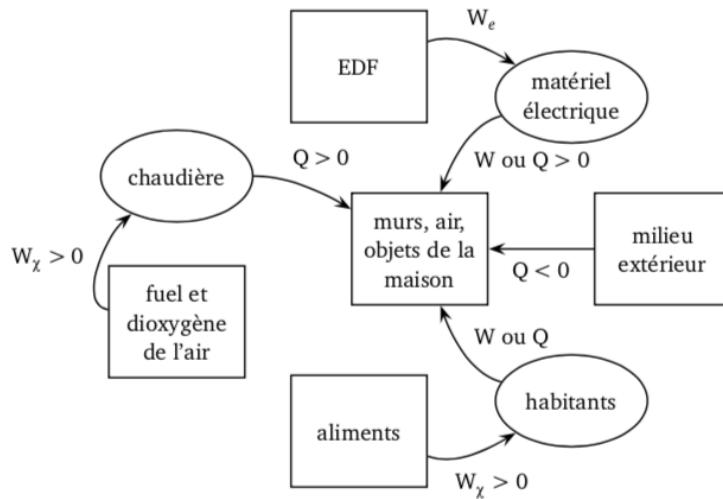
— Fin —

# Correction du DST

## Exercice 1 Bâtiment basse consommation (12 points)

1/

1.1/



1.2/ La paille isole de l'extérieur donc le transfert thermique  $Q < 0$  avec l'extérieur va diminuer en valeur absolue.

1.3/  $R_{th} = \frac{r}{S}$  avec  $r = \frac{e}{\lambda}$  donc  $R_{th} = \frac{e}{\lambda S}$ , soit :

$$R_{th} = \frac{30 \times 10^{-2}}{0,040 \times 120} \Rightarrow R_{th} = 0,063 \text{ K.W}^{-1}$$

1.4/ A résistance thermique surfacique fixée, l'épaisseur  $e$  du mur est proportionnelle à sa conductivité thermique  $\lambda$ , car  $r = \frac{e}{\lambda} \Leftrightarrow e = r\lambda$ . Ainsi, le rapport des conductivités thermiques vaut le rapport des épaisseurs :

$$\frac{\lambda_{brique}}{\lambda_{paille}} = \frac{e_{brique}}{e_{paille}}$$

or  $\frac{\lambda_{brique}}{\lambda_{paille}} = \frac{0,84}{0,040} = 21 \Rightarrow \frac{e_{brique}}{e_{paille}} = 21$

Ainsi,  $e_{brique} = 21 \times e_{paille} = 21 \times 30 \times 10^{-2}$ , c'est-à-dire  $e_{brique} = 6,3 \text{ m}$  !

Pour le bois :

$$\frac{\lambda_{bois}}{\lambda_{paille}} = \frac{0,16}{0,040} = 4,0 \Rightarrow \frac{e_{bois}}{e_{paille}} = 4,0$$

Ainsi,  $e_{bois} = 4,0 \times e_{paille} = 4,0 \times 30 \times 10^{-2}$ , c'est-à-dire  $e_{bois} = 1,2 \text{ m}$ .

2/

2.1/  $Q = \Phi \times \tau = P_{rad} \times \tau$ .

Application numérique :

$$Q = 1000 \times (2,5 \times 3600) \text{ soit } Q = 9,0 \text{ MJ.}$$

2.2/ L'énergie est reçue par les radiateurs est une énergie électrique (travail électrique reçus  $W_e > 0$  par les radiateurs).

**2.3/** L'énergie est transmise à l'air de la pièce par convection et rayonnement. Attention, certains radiateurs, appelés convecteurs, augmentent la vitesse des transferts thermiques en provoquant une convection forcée de l'air grâce à un ventilateur ; mais la question n'aborde pas le fonctionnement de ces « convecteurs ».

**2.4/** L'énergie interne de la pièce a été cédée au milieu extérieur, sous forme d'un transfert thermique  $Q < 0$ .

**2.5/** En restant allumé pendant 2,5 h, le radiateur de 1 000 W a consommé l'énergie

$$U = 1\,000 \times 2,5 = 2,5 \text{ kW.h}$$

Rappelons que 1 kWh vaut 6 000 kJ.

La pièce fait 12 m<sup>2</sup>, donc l'énergie  $u$  dépensée par m<sup>2</sup> est :

$$u = \frac{2,5 \text{ kWh}}{12 \text{ m}^2} = 0,21 \text{ kWh.m}^{-2}$$

En 7,5 h, la pièce ne s'est ni réchauffée ni refroidie, son énergie interne est constante, à  $T_1 = T_2 = 15^\circ\text{C}$ . Combien cela coûterait-il sur une année au lieu de 7,5 h ?

$$u_{1 \text{ an}} = 0,21 \times \frac{365 \times 24}{7,5} = 245 \text{ kWh.m}^{-2}/\text{an}$$

C'est au dessus des 50 kWh.m<sup>-2</sup>/an réglementaires.

**2.6/** Sur une année entière, il faut en fait tenir compte du fait que le chauffage ne tourne pas tout le temps. Si l'on considère qu'il ne faut chauffer qu'une cinquantaine de jours par an, soit un cinquième de l'année, on arrive alors à respecter la norme 2012.

Remarquez enfin qu'avec la durée apparente de l'hiver 2013, cette évaluation de cinquante jour tombe à l'eau.

**3/**

**3.1/**  $Q = mc_{\text{eau}}\Delta T$ .

Application numérique :

$$Q = 1,0 \times 4,18 \times 10^3 \times (60 - 25) \text{ soit } Q = 1,5 \times 10^5 \text{ J}$$

**3.2/** Le rendement  $\eta$  est donné par  $\frac{Q}{E_{\text{conso}}}$  soit  $E_{\text{conso}} = \frac{Q}{\eta}$ .

Application numérique :

$$E_{\text{conso}} = \frac{1,5 \times 10^5}{0,93} \text{ soit } E_{\text{conso}} = 1,6 \times 10^5 \text{ J}$$

## Exercice 2 Contraction des longueurs (8 points)

**1/** Le passage des électrons est détecté aux deux extrémités du tube et observé sur l'écran d'un oscilloscope. La mesure à l'oscilloscope donne « le temps de vol » des électrons :  $1,1 \times 10^{-5}$  s dans le référentiel du laboratoire.

- événement 1 : l'électron rentre dans le tube

- événement 2 : l'électron sort du tube

**2/** Dans le référentiel lié à l'électron, celui-ci reste immobile donc les 2 événements ont lieu au même endroit.

**3/** On appelle temps propre  $T_0$ , le temps mesuré pour une horloge qui est fixée au référentiel dans lequel les événements ont lieu.

On appelle temps impropre (ou mesuré ou apparent)  $T$  le temps mesuré par une horloge qui est fixée à un référentiel en mouvement rectiligne uniforme avec une vitesse  $v$  par rapport au référentiel dans lequel ont lieu les événements.

**4/**

$$T = \gamma T_0$$

**5/** On connaît le temps propre  $T_0 = 1,0 \times 10^{-10}$  s et le temps mesuré  $T = 1,1 \times 10^{-5}$  s, on peut donc en déduire la vitesse.

$$v = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

D'où

$$v = c \sqrt{1 - \frac{T_0^2}{T^2}}$$

AN :  $v = 3,0 \times 10^8 \sqrt{1 - \frac{(10^{-10})^2}{(10^{-5})^2}} = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  Les électrons vont quasiment à la vitesse de la lumière.

**6/** Si on applique la relation entre vitesse et distance parcourue en fonction du temps, on a les relations dans les deux référentiels :  $c = \frac{L_0}{T_0}$  référentiel électron et  $c = \frac{L}{T}$  référentiel laboratoire

**7/** De l'égalité de ces deux relations, on en déduit :  $L_0 = L \times \frac{T_0}{T}$

**8/** Comme le temps propre est plus petit que le temps mesuré, on en déduit que  $L_0 < L$ , il y a bien contraction des longueurs. Pour l'électron, le tube paraît donc moins long.

———— Fin ————

# Correction du DST

## **Exercice 1 Microscope électronique (8 points)**

**1/**

**1.1/** L'énergie potentielle (électrique) acquise par une particule chargée de charge  $q$  sous le potentiel  $U_{AB}$  est  $E_p = qU_{AB}$ . Dans le cas de l'électron, où  $q = -e$ , on a donc en sortie du canon :  $E_p = -eU_{AB}$

**1.2/** L'électron n'est soumis à aucune force non-conservative, et donc par conservation de l'énergie, sa variation d'énergie potentielle est égale à l'opposé de sa variation d'énergie cinétique. S'il était initialement immobile,  $E_c = -E_p$  et donc :  $E_c = eU_{AB}$

**1.3/** En partant de la forme de  $E_c$  donnée dans l'énoncé :

$$E_c = \frac{p^2}{2m_e} = eU_{AB} \Rightarrow p = \sqrt{2m_e e U_{AB}}$$

**2/**

**2.1/** Les longueurs d'onde du domaine visible vont de 400 nm à 800 nm.

**2.2/** La longueur d'onde de l'électron est plus petite, on peut alors sonder des détails plus fins.

**2.3/** La longueur d'onde de l'électron est donnée par  $\lambda = \frac{h}{p}$

**2.4/** On a :  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e e U_{AB}}}$

**2.5/**

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9,109 \cdot 10^{-31} \times 1,602 \cdot 10^{-19} \times 1000}}$$

soit  $\lambda = 3,88 \cdot 10^{-11} \text{ m} = 3,88 \cdot 10^{-2} \text{ nm}$ .

**3/**

**3.1/** L'observation du faisceau transmis en ligne droite et projeté dans le plan image est analogue à l'observation classique dans un microscope optique.

**3.2/** L'observation de la figure de diffraction dans le plan focal relève du caractère ondulatoire de l'électron.

**3.3/** La structure cristalline de la matière se comporte comme un obstacle dont la taille est de l'ordre de la longueur d'onde de l'onde incidente, et donc provoque des interférences. La figure d'interférence ainsi obtenue en transmission permet par transformée de Fourier inverse de remonter à une image de l'objet.

**4/**

**4.1/** Il faut diminuer  $U_{AB}$  pour augmenter  $\lambda$ .

**4.2/** On trouve

$$\lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9,109 \times 10^{-31} \times 1,602 \cdot 10^{-19} \times 400 \times 10^3}}$$

soit  $\lambda = 1,94 \times 10^{-12} \text{ m} = 1,94 \times 10^{-3} \text{ nm}$ .

**4.3/** On a  $p = \frac{h}{\lambda}$ , soit

$$p = \frac{6,63 \times 10^{-34}}{1,94 \times 10^{-12}} \Rightarrow p = 3,42 \times 10^{-22} \text{ kg.m.s}^{-1}$$

De plus,  $p = m_e v$ , donc  $v = \frac{p}{m_e}$ , soit

$$v = \frac{3,42 \cdot 10^{-22}}{9,109 \cdot 10^{-31}} \Rightarrow v = 3,75 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

**4.4/** Cette vitesse est supérieure à celle de la lumière. Il faut remettre en question l'hypothèse que l'électron est non-relativiste.

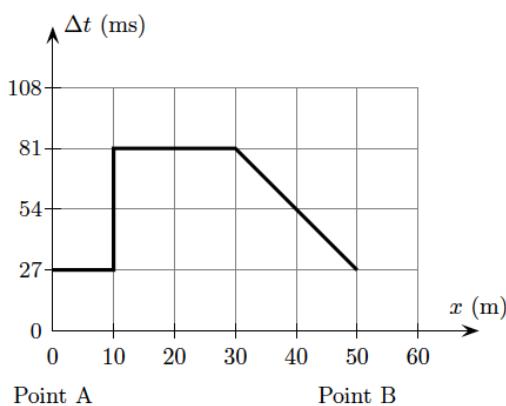
## Exercice 2 Détermination du relief des fonds marins (8 points)

1/

**1.1/** La causalité entre les signaux (= le signal reçu l'est uniquement après émission du signal émis) indique que le signal émis est le signal du haut, et le signal reçu, celui du bas, avec la salve retardée d'une durée  $\Delta t$ .

**1.2/**  $\Delta t = 2,7 \times 10^{-3} = 2,7 \text{ ms} = 2,7 \times 10^{-2} \text{ s}$ .

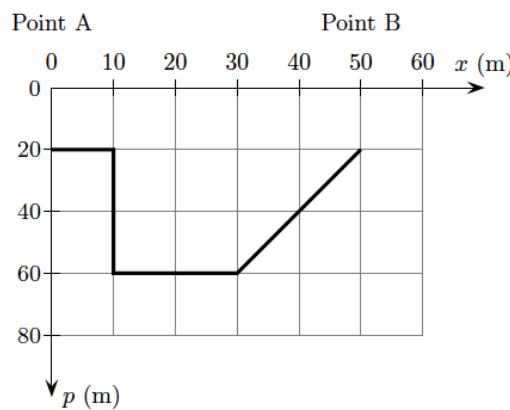
**1.3/** Par lecture graphique sur la figure 3, on constate qu'en  $x = 0$  indiqué comme étant le point A, la courbe est à une graduation de hauteur en ordonnée  $\Delta t$ . Or on a vu à la question précédente qu'en A, on a  $\Delta t = 27 \text{ ms}$ . Donc chaque graduation verticale correspond à 27 ms.



**2/** Les ultrasons émis se dirigent vers le fond, ils parcourent la distance  $p$  ; puis ils reviennent vers le bateau et parcourent à nouveau la distance  $p$ . Donc :

$$v_{\text{eau}} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2p}{\Delta t} \iff p = \frac{v_{\text{eau}} \Delta t}{2}$$

**3/** On nous laisse sympathiquement l'échelle des ordonnées vierge ; on va donc décider qu'un écho de  $\Delta t = 27 \text{ ms}$  correspond à une distance d'une graduation sur l'axe des profondeurs. La courbe de la figure 4 est symétrique de celle de la figure 3, voir ci-dessous.



L'énoncé ne demande pas explicitement d'indiquer les graduations de l'ordonnée ; avec la relation trouvée dans la question précédente, on peut calculer qu'une graduation doit correspondre à :

$$p = \frac{1,50 \cdot 10^3 \times 27 \cdot 10^{-3}}{2} = 20 \text{ m}$$

et ainsi graduer l'axe de 20 mètres en 20 mètres.

\_\_\_\_\_ Fin \_\_\_\_\_

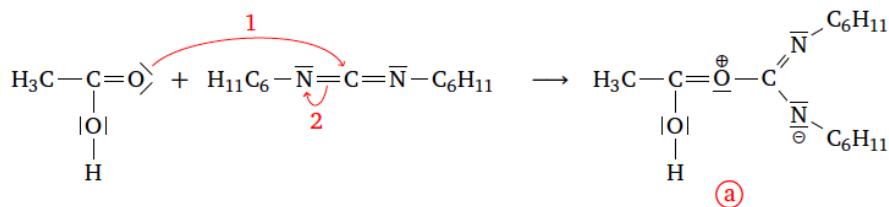
# Correction du DST

— Fin —

## Exercice 1 Synthèse d'un amide (8 points)

1/ La différence d'électronégativité entre C et N est égale à 0,4 : la liaison C=N est polarisée, le carbone porte une charge partielle  $\delta^+$ . Le site accepteur de doublet d'électrons dans le groupe - $\bar{N}-C_6H_{11}$  =  $C=N$  =  $C=C_6H_{11}$  est donc l'atome de carbone.

2/ Dans l'acide éthanoïque, le site donneur de doublet d'électrons est l'atome d'oxygène de la liaison C=O, porteur de deux doublets non liants. La flèche 1 relie les sites donneur et accepteur de doublet d'électrons, et déclenche le départ de la flèche 2.

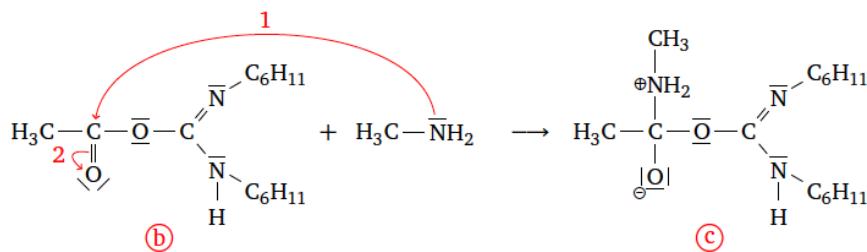


3/

3.1/ Dans la méthananamine, le site donneur de doublet d'électrons est l'atome d'azote, porteur d'un doublet non liant.

3.2/ La différence d'électronégativité entre C et O est égale à 0,8 : la liaison C=O est polarisée, le carbone porte une charge partielle  $\delta^+$ . Le site accepteur de doublet d'électrons sur la liaison double C=O de l'espèce ⑤ est donc l'atome de carbone.

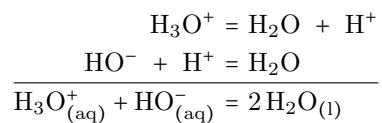
3.3/ La flèche 1 relie les sites donneur et accepteur de doublet d'électrons, et déclenche le départ de la flèche 2.



## Exercice 2 Comme un poisson dans l'eau (8 points)

**Etude d'une solution commerciale destinée à diminuer le pH de l'aquarium**

1/ La solution titrée contient des ions oxonium  $H_3O^+$ . Cette espèce chimique intervient dans le couple  $H_3O^+/H_2O$ . La solution titrante contient des ions hydroxyde  $HO^-$ , qui interviennent dans le couple  $H_2O/HO^-$ . C'est assez pour écrire deux demi-équations acido-basiques et une équation-bilan support du dosage :



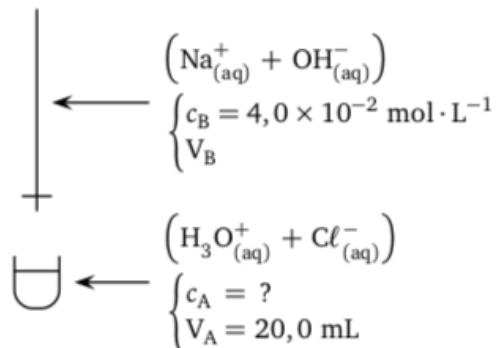
On utilise une simple flèche pour cette équation, puisqu'elle doit être totale (question suivante).

2/ Une réaction de dosage doit être totale, unique, rapide, avec une équivalence facile à repérer.

**3/ Etude de l'équivalence**

**3.1/** A l'équivalence, les réactifs titrant & titré ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. Les coefficients stœchiométriques valant tous 1 dans l'équation support de titrage :

$$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{dosé}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}} \Leftrightarrow n_A = n_B$$

**3.2/** A l'équivalence :

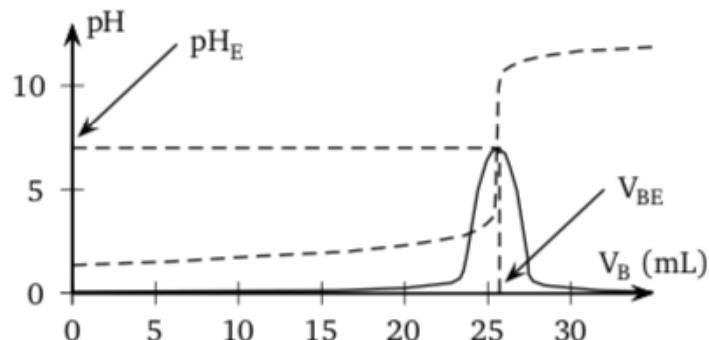
$$c_A V_A = c_B V_{BE} \Leftrightarrow c_A = \frac{c_B V_{BE}}{V_A}$$

Le volume équivalent  $V_{BE}$  est déterminé par l'abscisse du maximum de la courbe dérivée du pH, en traits pointillés.

$$V_{BE} = 25,7 \text{ mL}$$

Le pH à l'équivalence est mesuré par l'ordonnée du point équivalent E sur la courbe  $pH = f(t)$  en traits pleins.

$$pH_E = 7,0$$



Application numérique :

$$c_A = \frac{4,0 \cdot 10^{-2} \times 25,7}{20,0} = 5,1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

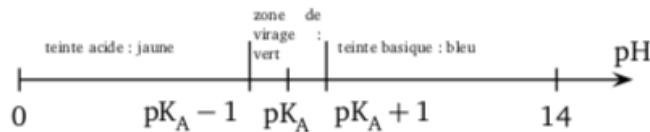
En déduire la valeur de la concentration des ions oxonium dans la solution diluée S<sub>A</sub>.

**3.3/** La solution commerciale a été diluée 50 fois :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 50 \cdot c_A = 50 \times 5,1 \cdot 10^{-2} = 2,6 \text{ mol.L}^{-1}$$

Ainsi, la concentration en ions oxonium H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> est bien voisine de 2,5 mol.L<sup>-1</sup>.

**3.4/** Tel que déterminé précédemment, le pH à l'équivalence vaut 7,0. Un indicateur coloré convient si sa zone de virage encadre le pH à l'équivalence. La zone de virage est par convention délimitée par  $\text{pK}_a \pm 1$ , donc le bleu de bromothymol, tel que  $\text{pK}_a = 7,0$ , convient parfaitement.



**3.5/** Diagramme de prédominance de l'indicateur :

**3.6/** Lors de l'équivalence, la teinte de l'indicateur passe du jaune (teinte acide) au bleu (teinte basique), avec obtention de la teinte sensible verte à la goutte près exactement à l'équivalence.

**4/** Dilution des 20 mL de solution commerciale :

$$\begin{cases} c_1 = 2,5 \text{ mol.L}^{-1} \\ V_1 = 20 \text{ mL} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} c_2 = ? \\ V_2 = 100 \text{ L} \end{cases}$$

$$c_1 V_1 = c_2 V_2 \Leftrightarrow c_2 = c_1 \frac{V_1}{V_2}$$

$$c_2 = 2,5 \times \frac{0,020}{100} = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

Dans l'hypothèse d'une simple dilution, on a donc  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ , d'où un pH :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (5,0 \times 10^{-4}) = 3,3$$

#### Etude de la formation des ions ammonium.

**5/** La conductivité d'une solution électrolytique est liée aux concentrations  $c_i$  des ions en solution et à leurs conductivités molaires partielles  $\lambda_i$  :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i c_i$$

La conductivité de la solution étudiée est assurée par les ions présents majoritairement : ions ammonium  $\text{NH}_4^+$  et cyanate  $\text{OCN}^-$  (on fait l'hypothèse que la contribution des ions  $\text{HO}^-$  et  $\text{H}_3\text{O}^+$ , provenant de l'autoprotolyse de l'eau, est négligeable). La conductivité  $\sigma$  de la solution s'exprime donc comme :

$$\sigma = \lambda_{\text{NH}_4^+} [\text{NH}_4^+] + \lambda_{\text{OCN}^-} [\text{OCN}^-]$$

Les coefficients stœchiométriques de l'équation (2) indiquent que les ions ammonium et cyanate se forment en quantités égales, donc :

$$[\text{NH}_4^+] = [\text{OCN}^-]$$

On a donc, pour la conductivité  $\sigma$  :

$$\sigma = (\lambda_{\text{NH}_4^+} + \lambda_{\text{OCN}^-}) [\text{NH}_4^+]$$

ce qui permet d'exprimer la concentration de la solution en ions ammonium  $\text{NH}_4^+$  :

$$\Rightarrow [\text{NH}_4^+] = \frac{\sigma}{\lambda_{\text{NH}_4^+} + \lambda_{\text{OCN}^-}}$$

**6/ Evolution du système chimique****6.1/**

Equation		$(\text{NH}_2)_2\text{CO}_{(\text{aq})} = \text{NH}_{4(\text{aq})}^+ + \text{OCN}_{(\text{aq})}^-$	Quantités de matière (mol)		
Etat	Avancement (mol)				
Etat initial	$x = 0$	$n$	0	0	
Etat en cours	$x$	$n - x$	$x$	$x$	
Etat final	$x_{\max}$	0	$x_{\max}$	$x_{\max}$	

$$\mathbf{6.2/} [\text{NH}_4^+] = \frac{x}{V}$$

**6.3/ Avancement maximal :**

$$n - x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = n = cV$$

Application numérique :

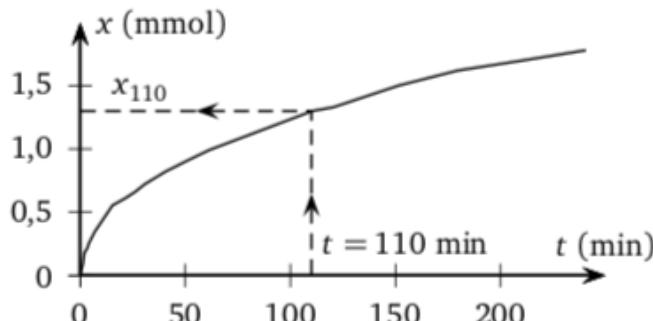
$$x_{\max} = 0,020 \times 100,0 \times 10^{-3} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

**7/ Lecture graphique à  $t = 110$  min :**

$$x_{110} = 3,9 \times \frac{2,0}{5,95} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

On en déduit le taux d'avancement à  $t = 110$  min :

$$\tau_{110} = \frac{x_{110}}{x_{\max}} = \frac{1,3}{2,0} = 65 \%$$



**8/ La concentration finale en ions ammonium permet de déterminer l'avancement final de réaction, toujours à partir du tableau d'avancement de la page précédente :**

$$[\text{NH}_4^+] = \frac{x_f}{V} \Leftrightarrow x_f = [\text{NH}_4^+] V$$

Application numérique :

$$x_f = 2,0 \times 10^{-3} \times 100,0 \times 10^{-3} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

On constate que  $x_f = x_{\max}$ , donc la réaction est totale. Taux d'avancement final :

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}} = 1,0$$

**9/ L'aquarium doit être « bien planté » de sorte que les plantes vertes consomment les ions nitrate, afin qu'ils ne s'accumulent pas dans l'aquarium et ne risquent pas de compromettre la vie des poissons.**

— Fin —

# Correction du DST

## Exercice 1 Transmission d'information par une fibre optique (5 points)

**1/** La lumière laser est directive. Dans une fibre optique à saut d'indice, la lumière est transmise grâce à une suite de réflexions totales entre le cœur et la gaine.

**2/** Sur le document 3, on privilégie la longueur d'onde correspondant au minimum du coefficient d'atténuation soit  $\lambda = 1,55 \mu\text{m}$ .

**3/**

**3.1/** Le débit numérique  $D$  est défini de la façon suivante :  $D = \frac{n}{\Delta t}$  avec  $n$  en bits et  $\Delta t$  en s, donc :  $\Delta t = \frac{n}{D}$  avec  $D = 100 \text{ Mbit.s}^{-1} = 100 \times 10^6 \text{ bits.s}^{-1}$  et  $n = 50 \text{ Mo} = 50 \times 2^{20} \text{ octets} = 50 \times 2^{20} \times 8 \text{ bits}$  soit  $\Delta t = \frac{50 \times 2^{30} \times 8}{100 \times 10^6} = 4,2 \text{ s}$ .

**3.2/** Le nombre de pixels de l'image est  $600 \times 450 = 2,70 \times 10^5$  pixels.

Chaque pixel est codé sur 24 bits donc chaque image est codée sur :  $2,70 \times 10^5 \times 24 \text{ bits} = 6,48 \times 10^6 \text{ bits} = 6,48 \text{ Mbits}$ . Le film vidéo noir et blanc est tourné avec 25 images par seconde. Pour que la transmission soit assurée dans de bonne conditions il faut donc un débit minimum de :  $25 \times 6,48 \text{ Mbits.s}^{-1} = 162 \text{ Mbit.s}^{-1}$ . Le débit de  $100 \text{ Mbit.s}^{-1}$  ne suffit donc pas pour assurer une transmission de la vidéo dans de bonnes conditions.

**3.3/** Le document 3 montre que pour  $\lambda = 850 \text{ nm} = 0,850 \mu\text{m}$ , le coefficient d'atténuation linéique de la fibre en silice vaut :  $\alpha = 2,5 \text{ dB.km}^{-1}$ . Pour une distance  $L = 10,0 \text{ km}$  l'atténuation  $A$  vaut :  $A = \alpha \times L$  soit  $A = 2,5 \times 10,0 = 25 \text{ dB}$ . Or

$$A = 10 \cdot \log \frac{P_e}{P_s}$$

donc

$$\frac{P_e}{P_s} = 10^{\frac{25}{10}} = 10^{2,5}$$

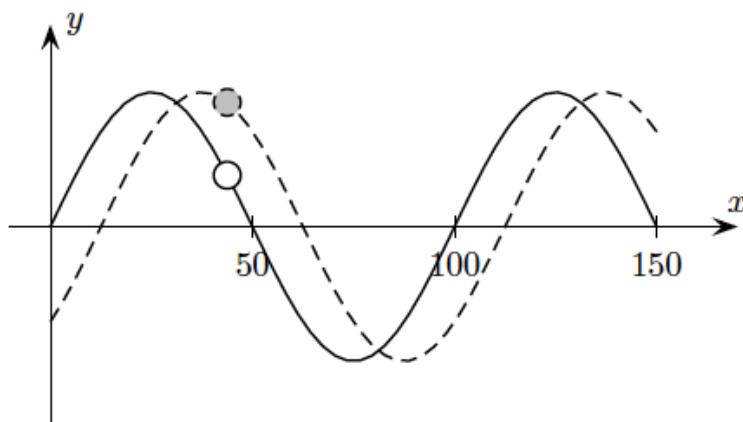
Donc  $\frac{P_s}{P_e} = \frac{1}{10^{2,5}} = 3,2 \times 10^{-3} = 0,32 \% < 1 \%$ . Ainsi, tous les clients situés dans un rayon de  $10,0 \text{ km}$  autour du réseau ne bénéficient pas de signaux suffisants s'ils ne subissent pas une amplification optique.

## Exercice 2 Etude d'un énergie renouvelable (8 points)

**1/**

**1.1/** Le bout de bois a un mouvement vertical, oscillant de bas en haut, sans changer de position horizontale.

**1.2/** Dessin avec le bout de bois sur la courbe en pointillé, à la verticale de la position précédente :



**1.3/** Les vagues déferlantes déposent une certaine masse d'eau dans le réservoir, qui se vide en entraînant la rotation de la turbine.

En termes d'énergie, l'énergie potentielle de l'eau stockée dans le réservoir se convertit en énergie cinétique lors de sa chute dans la turbine. La turbine convertit cette énergie cinétique en énergie électrique.

2/

**2.1/** On constate sur la figure que l'onde progresse de 12,5 mètres en 1,0 seconde. Sa vitesse est donc :

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{12,5}{1,0} = 12,5 \text{ m.s}^{-1}$$

**2.2/** La longueur d'onde  $\lambda$  est la plus faible distance entre deux points de l'onde en phase, à un instant donné. Sur la figure, on constate que cette longueur vaut 100 mètres, donc :

$$\lambda = 100 \text{ m}$$

**2.3/** La période  $T$  d'un phénomène périodique est la plus courte durée au bout de laquelle le phénomène se reproduit identique à lui-même.

La période  $T$  est liée à la longueur d'onde  $\lambda$  et la vitesse  $v$  par :

$$v = \frac{\lambda}{T} \iff T = \frac{\lambda}{v} = \frac{100}{12,5} = 8,00 \text{ s}$$

3/

**3.1/**  $v^2 = a\lambda \iff a = \frac{v^2}{\lambda}$

Analyse dimensionnelle :

$$[a] = \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}} = \text{m.s}^{-2}$$

$a$  a les dimensions d'une accélération.

**3.2/** Tout d'abord, les deux relations sont correctes au niveau dimensionnel.

Ensuite, calculons  $a$  à partir des résultats de la question 2 :

$$a = \frac{v^2}{\lambda} = \frac{(12,5)^2}{100} = 1,56$$

Comparons avec la proposition (1) de l'énoncé :

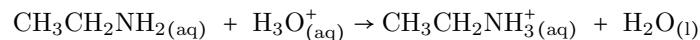
$$\frac{g}{2\pi} = \frac{9,8}{2 \times 3,14} = 1,56$$

La relation (1) est donc la relation correcte.

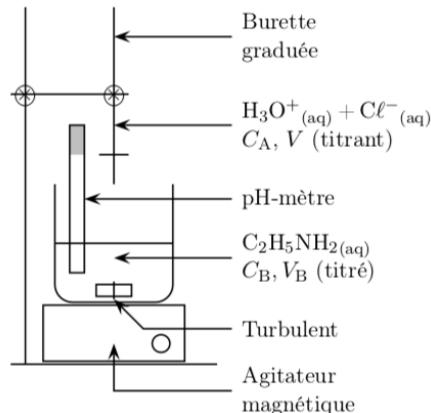
### Exercice 3 Solutions aqueuses (8 points)

1/ Couples en jeu :  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3^+$  /  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$  et  $\text{H}_3\text{O}^+$  /  $\text{H}_2\text{O}$ .

Equation de la réaction :



2/



3/ Tableau d'avancement en formules littérales :

	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_{2(\text{aq})}$	$\text{H}_3\text{O}_{(\text{aq})}^+$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_{3(\text{aq})}^+$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
A l'instant initial $t=0$	$n_B$	$n_A$	0	solvant
A l'instant $t$	$n_B - x$	$n_A - x$	$x$	solvant
A l'équivalence	0	0	$x_{\text{Eq}}$	solvant

4/ A l'équivalence, on a  $n_{A,\text{Eq}} = n_B$

$$C_B V_B = C_A V_{A,\text{Eq}} \iff C_B = \frac{C_A V_{A,\text{Eq}}}{V_B}$$

$$\text{Donc } C_B = \frac{1,0 \times 10^{-1} \times 10,0 \times 10^{-3}}{20,0 \times 10^{-3}} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

5/ Les deux méthodes au choix pour déterminer le volume versé à l'équivalence sont :

- la méthode des tangentes ;
- la détermination de l'abscisse de l'extremum de la courbe  $d\text{pH}/dV$ .

Par cette deuxième méthode, lecture graphique :  $V_{A,\text{Eq}} = 10,0 \text{ mL}$ .

6/ L'indicateur acido-basique doit être tel que le saut de pH de la courbe de dosage  $\text{pH} = f(V)$  se produise dans la zone de virage. i. e., il faut que le pH à l'équivalence  $\text{pH}_{\text{eq}}$  appartienne à cette zone de virage.

De plus, la zone de virage d'un indicateur est centrée sur son  $\text{p}K_a$ .

Par lecture graphique,  $\text{pH}_{\text{eq}} \approx 6$  donc le rouge de chlorophénol est l'indicateur le plus adapté.

— Fin —