

## 1. Observation de Saturne par Huygens

**Q1.** Un instrument optique afocal donne d'un objet observé à l'infini, une image également observée à l'infini (Cela permet à l'œil de l'observateur de ne pas accommoder et ainsi d'éviter la fatigue visuelle).

**Q2. et Q3.** : Voir ANNEXE en fin de corrigé

**Q2. Explications (non demandées) :** Pour qu'une lunette astronomique soit afocale, le foyer objet  $F_2$  de la lentille  $L_2$  doit être confondue avec le foyer image  $F'_1$  de la lentille  $L_1$ . Le foyer image  $F'_2$  est le symétrique de  $F_2$  par rapport à la lentille  $L_1$ .

**Q3. Explications (non demandées) :** L'objet B étant à l'infini, l'image intermédiaire  $B_1$  se forme dans le plan focal image de la lentille  $L_1$ .

Les rayons entrants dans la lentille  $L_1$  sont parallèles entre eux : ils émergent tous par le point image intermédiaire  $B_1$ .

Les rayons issus de l'image intermédiaire  $B_1$ , située dans le plan focal objet de la lentille  $L_2$ , ressortent tous parallèles entre eux. Pour trouver leur direction, la solution la plus simple est de tracer le rayon  $B_1O_2$  qui ressort de la lentille  $L_2$  en étant non dévié.

**Q4.** D'après les données, pour la lunette de Huygens,  $f'_1 = 329$  cm et  $f'_2 = 7,0$  cm.

Pour que la lunette soit afocale, il faut que la distance entre l'objectif et l'oculaire soit égale à  $f'_1 + f'_2$  soit  $329 + 7,0 = 336$  cm

D'après la figure 4. Cette distance vaut  $372 - 36 = 336$  cm : la lunette peut être considérée comme afocale.

**Q5.**  $\theta'$  : Voir ANNEXE en fin de corrigé

**Q6.** Par définition du grossissement de la lunette :  $G_{Huy} = \frac{\theta'}{\theta}$

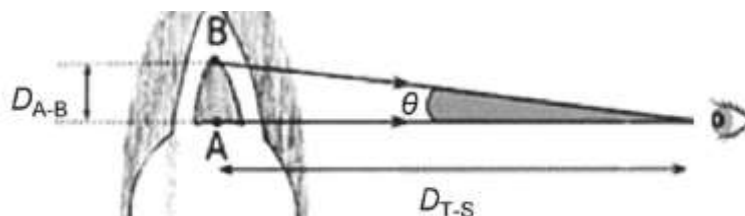
**Q7.** Dans le triangle  $O_1A_1B_1$  :  $\tan \theta = \frac{A_1B_1}{O_1A_1} = \frac{A_1B_1}{f'_1} \approx \theta$  (approximation des petits angles).

Dans le triangle  $O_2A_1B_1$  :  $\tan \theta' = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \approx \theta'$  (approximation des petits angles).

Ainsi,  $G_{Huy} = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_2}$ .

**Q8.**  $G_{Huy} = \frac{329 \text{ cm}}{7,0 \text{ cm}} = 47$

**Q9.** En s'inspirant du schéma de la figure 5.  $\tan \theta = \frac{D_{A-B}}{D_{T-S}} \approx \theta$  (approximation des petits angles).



Donc  $\theta = \frac{3,17 \times 10^4 \text{ km}}{1,42 \times 10^9 \text{ km}} = 2,23 \times 10^{-5} \text{ rad}$  (l'approximation des petits angles n'est valable qu'en radian).

En utilisant la définition du grossissement :  $G_{Huy} = \frac{\theta'}{\theta}$  donc  $\theta' = G_{Huy} \times \theta$

$$\theta' = 47 \times 2,23 \times 10^{-5} \text{ rad} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

Cette valeur est supérieure à  $3,0 \times 10^{-4} \text{ rad}$ , condition indiquée dans l'énoncé pour distinguer deux points donc Huygens a pu distinguer Saturne de ses anneaux à travers sa lunette.

**Q10.**  $\theta_{\text{diff}} = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{a}$

Pour Galilée :  $\theta_{\text{diff}} = 1,22 \times \frac{550 \times 10^{-9}}{29,0 \times 10^{-3}} = 2,31 \times 10^{-5} \text{ rad}$

On a calculé précédemment que vu depuis la Terre  $\theta = 2,23 \times 10^{-5} \text{ rad}$ .

Donc  $\theta_{\text{diff}} > \theta$ , ce qui confirme qu'à cause du phénomène de diffraction Galilée ne pouvait pas distinguer Saturne de ses anneaux.

Pour Huygens :  $\theta_{\text{diff}} = 1,22 \times \frac{550 \times 10^{-9}}{51,0 \times 10^{-3}} = 1,32 \times 10^{-5} \text{ rad} < \theta$  ainsi Huygens a pu observer les anneaux.

## 2. Observation de Saturne par Huygens

**Q11.** Huygens a constaté plusieurs fois qu'il fallait 16 jours\* pour revoir Titan au même point : il s'agit de la période de révolution de Titan autour de Saturne d'où l'idée de diviser sa trajectoire en 16 : une observation par jour à la même heure.

\* le 25 mars et le 10 avril ; le 3 et le 19 avril ; le 13 et le 29.

**Q12.**  $\vec{F}_{S/T} = G \cdot \frac{M_T \cdot M_S}{R^2} \cdot \vec{u}_n$

**Q13.** Système : {Titan} de masse  $M_T$

Référentiel : saturnocentrique considéré galiléen

Inventaire des forces : uniquement la force d'attraction gravitationnelle exercée par Saturne  $\vec{F}_{S/T}$

Deuxième loi de Newton ( $\sum \vec{F} = M_T \cdot \vec{a}$ ) :  $\vec{F}_{S/T} = M_T \cdot \vec{a}$  donc  $G \cdot \frac{M_T \cdot M_S}{R^2} \cdot \vec{u}_n = M_T \cdot \vec{a}$  donc  $\vec{a} = \frac{G \cdot M_S}{R^2} \cdot \vec{u}_n$

Dans le repère de Frenet, pour un mouvement circulaire  $\vec{a} = \frac{v^2}{R} \cdot \vec{u}_n + \frac{dv}{dt} \vec{u}_t$ .

Par analogie entre ces deux expressions de  $\vec{a}$ , on en déduit que :

- selon  $\vec{u}_t$  :  $\frac{dv}{dt} = 0$  donc  $v = \text{constante}$  : le mouvement est uniforme.

- selon  $\vec{u}_n$  :  $\frac{v^2}{R} = \frac{G \cdot M_S}{R^2} \Leftrightarrow v^2 = \frac{G \cdot M_S}{R} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{R}}$

**Q14.** La vitesse étant constante, on peut écrire :  $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2\pi.R}{T_{Kep}}$  pour une révolution.

Donc  $T_{Kep} = \frac{2\pi.R}{v} = \frac{2\pi.R}{\sqrt{\frac{G.M_s}{R}}}$  d'après la question Q13.

Ainsi,  $T_{Kep} = \frac{2\pi \times 1,22 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m}}{\sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \text{ SI} \times 5,68 \times 10^{26} \text{ kg}}{1,22 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m}}}} = 1,38 \times 10^6 \text{ s}$

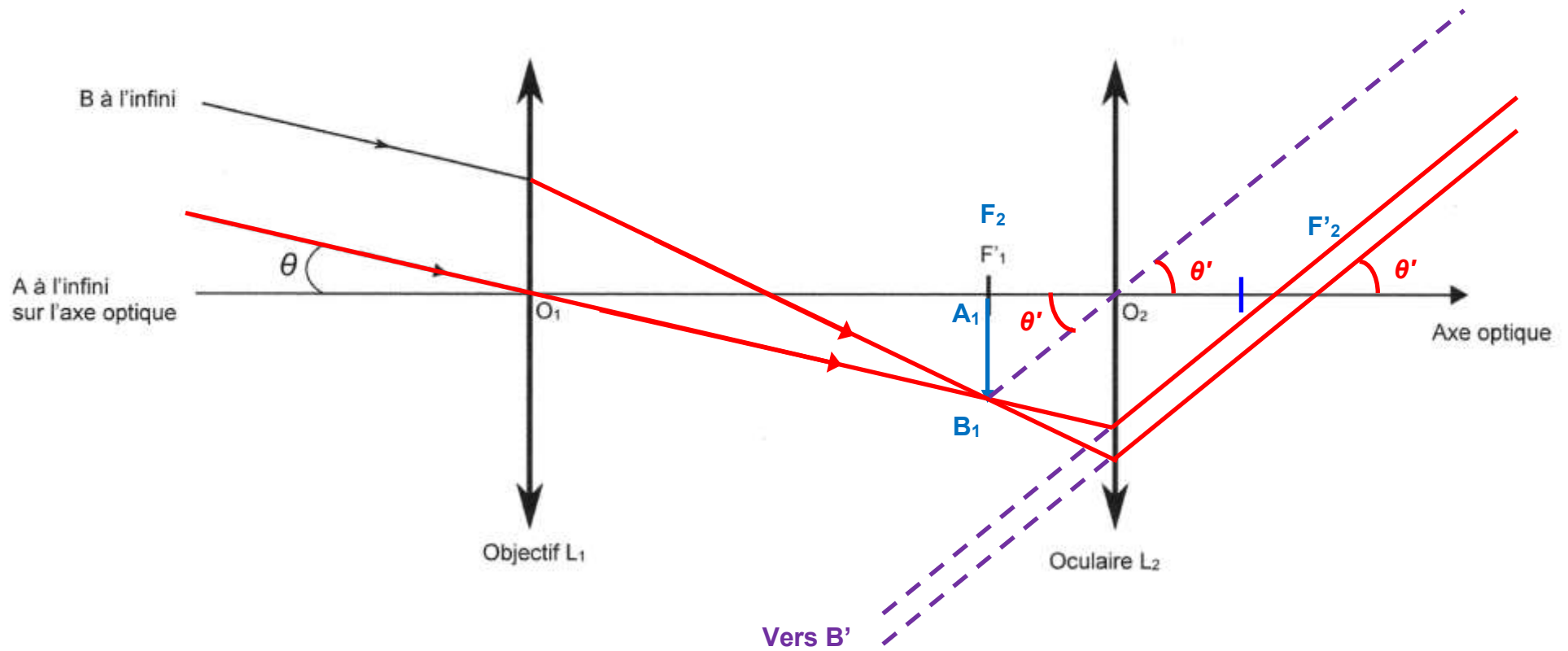
Handwritten calculation of the orbital period  $T_{Kep}$  using scientific notation. The formula is  $T_{Kep} = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{GM_s}{R}}}$ . The values are  $R = 1,22 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m}$ ,  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ SI}$ , and  $M_s = 5,68 \times 10^{26} \text{ kg}$ . The result is  $1.375569474 \text{ E}6$ .

La valeur trouvée par Huygens était 15 jours, 23 heures et 13 minutes soit :

$15 \times 24 \times 3600 + 23 \times 3600 + 13 \times 60 = 1\,379\,580 \text{ s} = 1,38 \times 10^6 \text{ s}$  ce qui est (avec 3 CS) la même valeur que celle prédite par la mécanique de Newton.

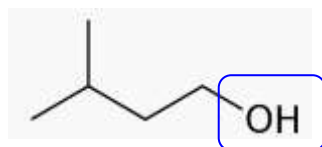
Handwritten calculation of the total time in seconds for 15 days, 23 hours, and 13 minutes. The formula is  $15 \times 24 \times 3600 + 23 \times 3600 + 13 \times 60$ . The result is  $1.37958 \text{ E}6$ .

ANNEXE questions Q2.,Q3.,Q5.



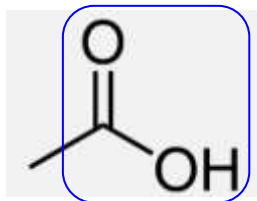
1. Identification des espèces mises en jeu dans la réaction

Q1. 3-méthylbutan-1-ol



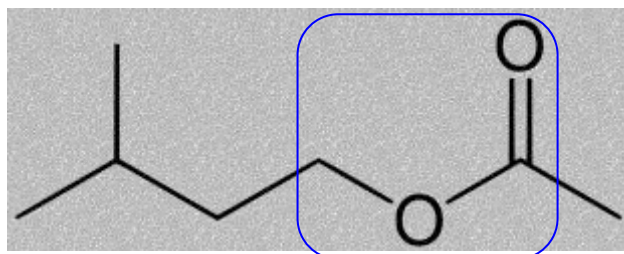
Famille : alcool

Acide éthanoïque



Famille : acide carboxylique

Éthanoate de 3-méthylbutyle



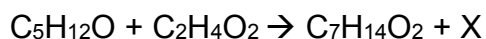
Famille : ester

Q2. On détermine les formules brutes

3-méthylbutan-1-ol :  $C_5H_{12}O$

acide éthanoïque :  $C_2H_4O_2$

éthanoate de méthylbutyle :  $C_7H_{14}O_2$



La conservation des éléments : montre que X contient 1 atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène, c'est bien de l'eau  $H_2O$ .

Q3. L'acide éthanoïque contient une liaison  $C=O$  qui donne une bande forte et fine autour de  $1650-1750\text{ cm}^{-1}$  et une liaison  $O-H$  qui donne une bande forte et large. Cela correspond au spectre A.

L'éthanoate de méthylbutyle contient une liaison  $C=O$  qui donne une bande forte et large autour de  $1650-1750\text{ cm}^{-1}$ . C'est le spectre B. Il ne montre pas la bande de la liaison  $O-H$ .

2. Comparaison de protocoles de synthèse

Q4. Étape 2 : transformation chimique

Étape 3 : extraction et purification du produit

*Justification non demandée pour l'étape 3 : extraction car l'éthanoate de 3-méthylbutyle est très peu soluble dans l'eau salée donc il est extrait de cette phase aqueuse.*

*Purification car le sulfate de magnésium permet de se débarrasser d'éventuelles traces d'eau dans la phase organique contenant l'ester.*

Q5. Un catalyseur est une espèce chimique qui permet de réduire la durée de la transformation.

Q6. Le montage à reflux permet de chauffer le mélange, or la température est un facteur cinétique qui permet de diminuer la durée de la transformation. Par ailleurs, les vapeurs étant liquéfiées par le réfrigérant, on évite les pertes de matière.

Q7. La formation d'un gaz est liée au couple acide-base  $CO_2(g), H_2O(l) / HCO_3^-$ .

La base  $HCO_3^-$  réagit avec soit l'acide éthanoïque (si celui-ci était introduit en excès), soit avec l'acide sulfurique (catalyseur non consommé). Il se forme alors l'acide conjugué  $CO_2(g), H_2O(l)$  qui provoque le dégagement gazeux.

Cette étape permet d'éliminer le catalyseur et/ou l'acide éthanoïque en excès.

**Q8.** Calculons les quantités de matière des réactifs.

Acide éthanoïque :  $V_1 = 15 \text{ mL}$

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{\rho \cdot V_1}{M_1} = \frac{\rho_{\text{eau}} \cdot d_1 \cdot V_1}{M_1}$$

La masse volumique de l'eau est supposée connue du candidat ?

$$n_1 = \frac{1,0 \text{ g.mL}^{-1} \times 1,05 \times 15 \text{ mL}}{60,0 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,26 \text{ mol}$$

$$\frac{1.05 \times 15}{60} = 2.625 \text{E} -1$$

3-méthylbutan-1-ol :

$$n_2 = \frac{\rho_{\text{eau}} \cdot d_2 \cdot V_2}{M_2}$$

$$n_2 = \frac{1,0 \text{ g.mL}^{-1} \times 0,81 \times 22 \text{ mL}}{88,2 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,20 \text{ mol}$$

$$\frac{0.81 \times 22}{88.2} = 2.020408163 \text{E} -1$$

$\frac{n_2}{1} < \frac{n_1}{1}$  donc le 3-méthylbutan-1-ol est le réactif limitant.

**Rendement :**

Par définition, le rendement d'une synthèse est :  $r = \frac{n(\text{produit})_{\text{récupérée expérimentalement}}}{n(\text{produit})_{\text{formée si transformation totale}}}$

$$\text{Ici : } r = \frac{n_B}{n_2} = \frac{m_B}{M_B}$$

$$r = \frac{19,7}{130,2} = 0,75 = 75\%$$

$$\frac{2.020408163 \text{E} -1}{(19.7/130.2)/2.020408163 \text{E} -1} = 7.488867167 \text{E} -1$$

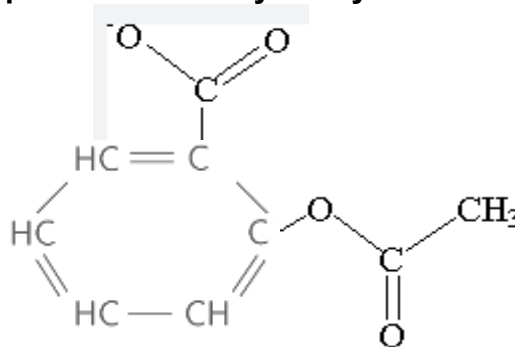
**Q9.**  $E = P \cdot \Delta t$

$$E = 800 \times 30 = 2,4 \times 10^4 \text{ J}$$

Cette valeur est beaucoup plus faible que celle obtenue avec un chauffe-ballon ( $4,1 \times 10^5 \text{ J}$ ). Le protocole B permet de faire d'importantes économies d'énergie.

**Q10.** Le protocole B permet de limiter les dépenses énergétiques et il n'utilise pas le solvant cyclohexane du protocole C. Or les pictogrammes de sécurité du cyclohexane montrent que celui-ci est inflammable, nocif et dangereux pour l'environnement et pour la santé. Enfin le protocole B possède un meilleur rendement.

**Q1. Représenter la formule semi-développée de l'ion acétylsalicylate**



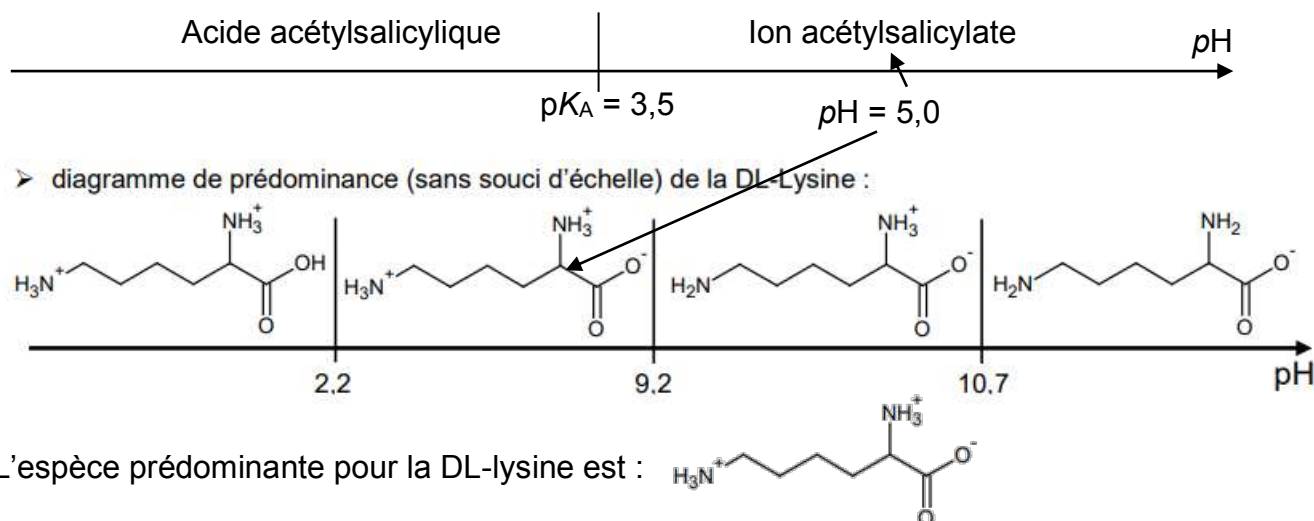
**Q2. La DL-lysine appartient à la famille des acides aminés. Proposer une explication.**

La DL-Lysine possède deux groupes caractéristiques amines et un groupe carboxyle ; les acides aminés possèdent un groupe amine et un groupe carboxyle, ce qui est le cas de la DL-Lysine.

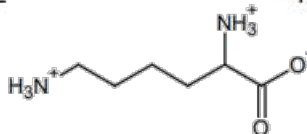
**Q3. Indiquer la forme prédominante des espèces associées à l'acide acétylsalicylique et à la DL-lysine présentes dans la solution de médicament obtenue après dissolution du contenu du sachet dans l'eau.**

Le pH de la solution obtenue est 5,0.

Pour l'acide acétylsalicylique le  $pK_A$  du couple acide acétylsalicylique/ion acétylsalicylate vaut 3,5, ainsi  $pH > pK_A$ , l'espèce prédominante est l'ion acétylsalicylate :



L'espèce prédominante pour la DL-lysine est :



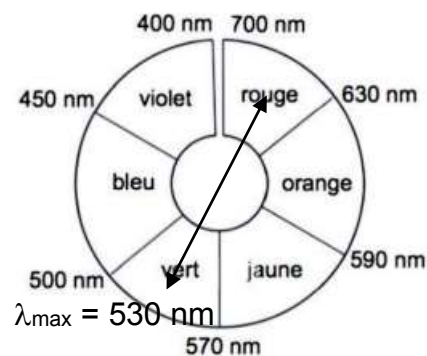
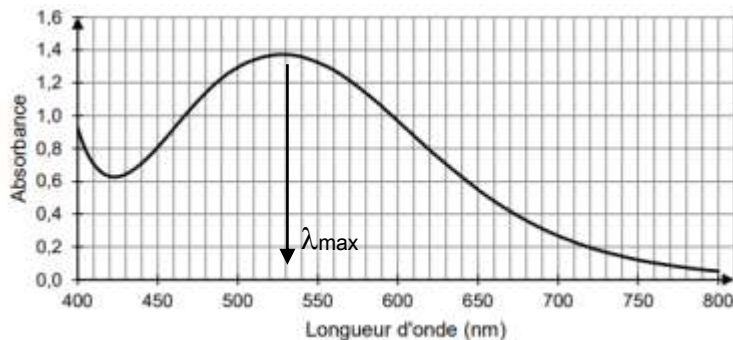
**Q4. Justifier alors que le titrage acide base de cette solution aqueuse de médicament par une solution d'acide fort ne permet pas de doser directement la quantité de matière de l'ion acétylsalicylate en solution.**

Dans la solution il y a deux bases faibles : l'ion acétylsalicylate et une forme de DL-lysine, l'acide fort va réagir avec ces deux bases et on pourra déterminer la quantité de matière de ces deux bases mais pas de l'ion acétylsalicylate seul.

**Q5. Proposer une valeur de la longueur d'onde appropriée pour le dosage par étalonnage et en déduire la couleur de la solution contenant l'espèce B.**

Pour une meilleure précision des mesures il faut se placer au maximum d'absorption de la solution soit environ  $\lambda_{max} = 530 \text{ nm}$ .

La couleur de la solution est la couleur complémentaire de la couleur absorbée, soit en utilisant le cercle chromatique : la solution absorbe le vert alors elle paraît rouge.



**Q6. En considérant que l'incertitude-type associée à la détermination de la masse a pour valeur  $u(m)=30$  mg, vérifier si la masse équivalente  $m_{\text{exp}}$  d'acide acétylsalicylique présente dans le sachet est en accord avec les informations présentes sur la notice.**

L'absorbance de la solution S est  $A = 0,80$ . D'après la loi de Beer-Lambert, l'absorbance est proportionnelle à la concentration de l'espèce chimique absorbant la lumière :  $A = k \cdot c_B$ . On trace donc une droite moyenne passant au plus près de tous les points expérimentaux.

Par lecture graphique, on cherche l'abscisse du point d'ordonnée  $A = 0,80$ , on obtient la concentration en espèce B :  $c_B = 1,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ .

On pouvait aussi déterminer le coefficient directeur de cette droite  $k = \frac{A_B - A_A}{c_{BB} - c_{BA}}$

En prenant deux points sur la droite moyenne A (0 , 0) et B(2,3 ; 1,8)

$$k = \frac{1,8 - 0}{2,3 - 0} = 0,78 \text{ L.mmol}^{-1}$$

$$c_B = \frac{A}{k}$$

$$c_B = \frac{0,80}{0,78} \quad c_B = 1,0 \text{ mmol.L}^{-1}$$

Le volume de la solution B est  $V_3 = 50,0 \text{ mL}$ .

$$c_B = \frac{n_B}{V_3} \text{ on a donc } n_B = c_B \cdot V_3$$

$$n_B = 1,0 \times 10^{-3} \times 50,0 \times 10^{-3} = 5,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

D'après l'équation on a une mole d'acide acétylsalicylique qui donne une mole d'ion acétylsalicylate qui donne ensuite une mole de B.

On obtient donc  $n = 5,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$  d'ion acétylsalicylate dans un volume  $V_2 = 5,0 \text{ mL}$ .

Le sachet a été mis dans une fiole jaugée de 250 mL soit un volume 50 fois plus grand : la quantité d'acide acétylsalicylique est donc  $n' = 50 \times n = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

Soit pour l'acide acétylsalicylique :  $m_{\text{exp}} = n' \cdot M$

$$m_{\text{exp}} = 2,5 \times 10^{-3} \times 180,2 = 4,5 \times 10^{-1} \text{ g soit } 450,5 \text{ mg.}$$

$$\text{le zcore est } \frac{|x - x_{\text{ref}}|}{u(x)} = \frac{|450,5 - 500|}{30} = 1,7 < 2$$

Les résultats obtenus sont en accord avec la notice.