Corrigé complet — Bac S 2018 Amérique du Sud (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**"vol" au-dessus des montagnes** Vitesse moyenne · Énergie cinétique · Énergie potentielle de pesanteur · Énergie mécanique · Travail d'une force · Forces de frottement	6 pts	1 h	9 questions	p. 2
Ex 2	**Le chewing-gum à la fraise** Nomenclature et synthèse d'un ester · Catalyse et sécurité au laboratoire · Spectre de RMN du proton · Diagramme de prédominance · Chromatographie · Dosage par étalonnage (loi de Beer-Lambert)	9 pts	1 h 30	13 questions	p. 7
Ex 3	**Observer le Soleil en "H alpha"** Longueur d'onde et fréquence · Niveaux d'énergie de l'atome · Énergie d'un photon · Interférences constructives et destructives · Filtre interférentiel	5 pts	50 min	10 questions	p. 12
Ex 4	**Spécialité : Impression sur plastique avec de l'encre à l'eau** Tension superficielle · Mouillage et angle de contact · Capillarité et loi de Jurin · Exploitation d'une droite moyenne · Résolution de problème	5 pts	50 min	2 questions	p. 17

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

"vol" au-dessus des montagnes

Bac S 2018 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 1 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1 Calculer la vitesse moyenne durant le vol et la comparer à la « vitesse de croisière » annoncée.

Données utiles $\ell = 1870$ m ; durée du vol : environ 1 min 30 s ; vitesse de croisière annoncée : $130\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$

Le système parcourt la longueur ℓ du câble en $\Delta t = 1\ \text{min}\ 30\ \text{s} = 90$ s.

$$v_{\text{moy}} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{1870}{90} = 21\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

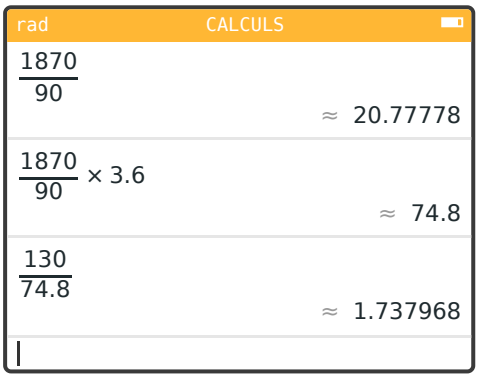
En $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$: $v_{\text{moy}} = \dfrac{1870}{90} \times 3{,}6 = 75\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

$v_{\text{moy}} = 21\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 75\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, soit environ 1,7 fois moins que les $130\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ annoncés.

PIÈGE
Convertir avec le résultat arrondi : $21 \times 3{,}6$ donne 76 au lieu de 75. On garde la valeur non arrondie pour la suite du calcul.

COMPRENDRE
La durée « environ 1 minute 30 » n'est connue qu'à deux chiffres significatifs : le résultat en garde deux. Départ et arrivée se font à vitesse nulle, ce qui abaisse la moyenne, mais pas au point d'expliquer un tel écart.

À LA CALCULATRICE



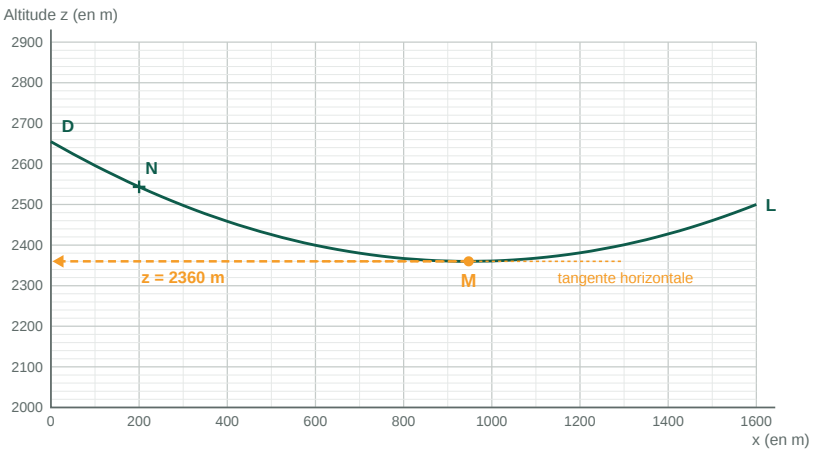
2 Représenter sur le document réponse le point M d'altitude minimale et déterminer graphiquement son altitude z_M.

M est le point le plus bas de la courbe, là où la tangente au câble est horizontale ; son abscisse est proche de $x = 950$ m.

En traçant l'horizontale passant par M jusqu'à l'axe des altitudes (un petit carreau représente 20 m), on lit :

$z_M = 2360$ m (lecture à une dizaine de mètres près)

MÉTHODE
Pour une lecture graphique, on laisse les traits de construction sur le document réponse et on détermine d'abord la valeur d'une petite graduation : ici $100 \div 5 = 20$ m.



2 · Document réponse : point M au plus bas du câble et lecture de son altitude

3 Donner les expressions des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique du système en fonction de m, z, v et g.

- Énergie cinétique : $E_c = \frac{1}{2} m v^2$
- Énergie potentielle de pesanteur, nulle au niveau de la mer ($z = 0$) : $E_{pp} = m g z$
- Énergie mécanique : $E_m = E_c + E_{pp}$

$$E_m = \frac{1}{2} m v^2 + m g z$$

COMPRENDRE
Avec la référence au niveau de la mer, z est directement l'altitude lue sur le graphique. Un autre choix de référence changerait E_{pp} d'une constante, pas ses variations.

4 L'énergie mécanique se conserve-t-elle au cours du mouvement ? Justifier.

Données utiles $z_D = 2655$ m ; $z_L = 2500$ m ; vitesse nulle en D et en L

La vitesse est nulle au départ et à l'arrivée, donc l'énergie cinétique aussi :

$E_m(D) = m g z_D$ et $E_m(L) = m g z_L$

Comme $z_L < z_D$, on a $E_m(L) < E_m(D)$.

L'énergie mécanique ne se conserve pas : elle diminue entre D et L.

COMPRENDRE
Cette diminution est due aux frottements (air, poulie sur le câble), dont le travail est résistant. Sans eux, le système arriverait en L avec une vitesse non nulle.

5 Citer les transferts énergétiques qui ont lieu entre D et M, puis entre M et L.

- Entre D et M : l'altitude diminue et la vitesse augmente. De l'énergie potentielle de pesanteur est convertie en énergie cinétique.
- Entre M et L : l'altitude augmente et la vitesse diminue. De l'énergie cinétique est convertie en énergie potentielle de pesanteur.

Sur les deux trajets, une partie de l'énergie mécanique est en plus dissipée sous forme d'énergie thermique, cédée au milieu extérieur par les frottements.

D → M : $E_{pp} \to E_c$; M → L : $E_c \to E_{pp}$; dans les deux cas, dissipation par frottements.

PIÈGE
Oublier la dissipation. La question 4 a montré que l'énergie mécanique diminue : les échanges entre E_{pp} et E_c ne sont donc pas intégraux.

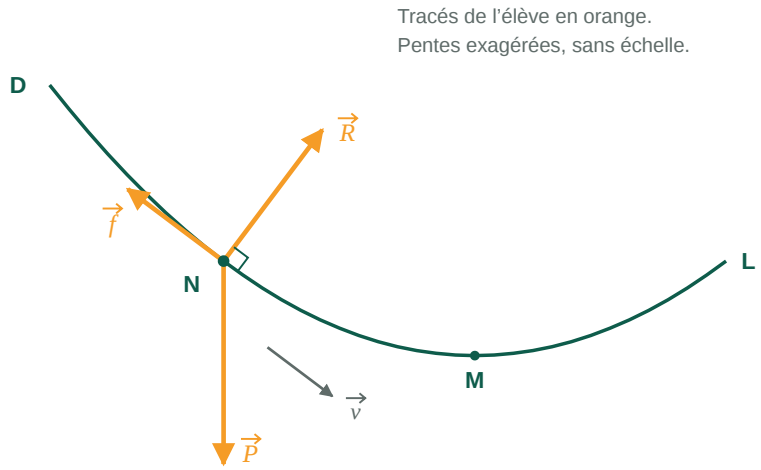
6 Schématiser, sans souci d'échelle, les trois forces exercées sur le système lors de son passage au point N.

Les trois forces sont tracées à partir du point N :

- le poids $\vec{P}$: vertical, vers le bas ;
- l'action du câble $\vec{R}$: perpendiculaire au câble en N, vers le haut ;
- la force de frottement $\vec{f}$: tangente au câble, de sens opposé à la vitesse $\vec{v}$, donc dirigée vers D puisque le système descend vers M.

Voir le document réponse : $\vec{P}$ vertical vers le bas, $\vec{R}$ perpendiculaire au câble, $\vec{f}$ le long du câble vers D.

PIÈGE
Tracer $\vec{R}$ verticale. Elle est perpendiculaire au câble, qui est incliné en N : elle penche donc vers l'avant du mouvement.



6 · Document réponse : les trois forces exercées sur le système au point N

7 Compléter le tableau en indiquant si le travail de chacune des trois forces est positif, négatif ou nul sur chaque trajet. Justifier.

Le travail d'une force $\vec{F}$ sur un petit déplacement $\vec{d}$ est $W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F\,d\,\cos\alpha$: son signe est celui de $\cos\alpha$, où α est l'angle entre la force et le déplacement.

- Poids : $W_{AB}(\vec{P}) = m\,g\,(z_A - z_B)$. De D à M, $z_D > z_M$: travail positif (moteur). De M à L, $z_M < z_L$: travail négatif (résistant).
- Action du câble : $\vec{R}$ est à chaque instant perpendiculaire au câble, donc au déplacement ; $\cos 90^\circ = 0$: travail nul sur les deux trajets.
- Frottements : $\vec{f}$ est à chaque instant de sens opposé à la vitesse, donc au déplacement ; $\cos 180^\circ = -1$: travail négatif sur les deux trajets.

Poids : positif puis négatif ; action du câble : nul, nul ; frottements : négatif, négatif.

MÉTHODE
Signe d'un travail sans calcul : la force aide le mouvement (angle aigu), travail positif ; elle s'y oppose (angle obtus), travail négatif ; elle lui est perpendiculaire, travail nul.

	Trajet entre D et M	Trajet entre M et L
Travail du poids	**positif**	**négatif**
Travail de l'action du câble	**nul**	**nul**
Travail des forces de frottement	**négatif**	**négatif**

7 · Document réponse : tableau de la question 7 complété

8 Modèle 1 (frottements négligés) : par conservation de l'énergie mécanique entre D et M, déterminer la vitesse en M, la comparer à la vitesse de pointe annoncée et conclure sur la validité du modèle.

Données utiles $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $z_D = 2655$ m ; $z_M = 2360$ m (Q2) ; $v_D = 0$; vitesse de pointe annoncée : $140\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$

Sans frottement, l'énergie mécanique se conserve : $E_m(D) = E_m(M)$.

$$\frac{1}{2}\,m\,v_D^2 + m\,g\,z_D = \frac{1}{2}\,m\,v_M^2 + m\,g\,z_M \quad \text{avec } v_D = 0$$

D'où $\frac{1}{2}\,m\,v_M^2 = m\,g\,(z_D - z_M)$, soit :

$$v_M = \sqrt{2\,g\,(z_D - z_M)} = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times (2655 - 2360)} = 76\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

En $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: $v_M = 76{,}1 \times 3{,}6 = 2{,}7 \times 10^2\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Cette vitesse est presque le double de la vitesse de pointe annoncée ($140\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$).

$v_M = 76\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} \approx 2{,}7 \times 10^2\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: le modèle 1 n'est pas valide, les frottements ne sont pas négligeables.

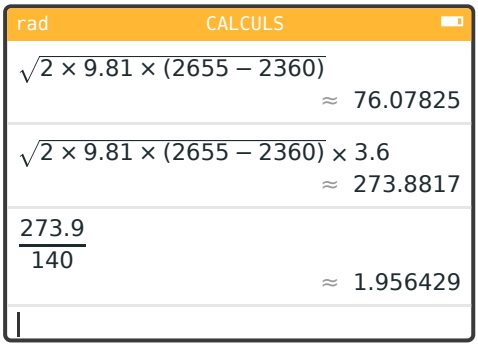
PIÈGE

Utiliser la longueur du câble (1870 m) à la place du dénivelé $z_D - z_M = 295$ m. Seule la différence d'altitude intervient dans E_{pp}.

COMPRENDRE

La masse se simplifie : dans ce modèle, la vitesse en M ne dépend que du dénivelé. La lecture de z_M à 10 m près ne change v_M que de 2 %, ce qui ne modifie pas la conclusion.

À LA CALCULATRICE



9 Modèle 2 (frottements d'intensité f constante) : par une étude énergétique, estimer la valeur de la résultante des forces de frottement.

Données utiles $m = 80$ kg ; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $z_D = 2655$ m ; $z_L = 2500$ m ; $\ell = 1870$ m ; $v_D = v_L = 0$

La variation d'énergie mécanique entre D et L est égale au travail des forces non conservatives. $\vec{R}$ ne travaille pas (Q7), il reste les frottements :

$$E_m(L) - E_m(D) = W_{DL}(\vec{f})$$

$\vec{f}$ garde une intensité constante et reste opposée au déplacement tout au long du câble de longueur ℓ : $W_{DL}(\vec{f}) = -f\,\ell$.

Les vitesses en D et en L sont nulles, donc $E_m(L) - E_m(D) = m\,g\,z_L - m\,g\,z_D$. Ainsi :

$$m\,g\,(z_L - z_D) = -f\,\ell \quad\Longrightarrow\quad f = \frac{m\,g\,(z_D - z_L)}{\ell}$$

$$f = \frac{80 \times 9{,}81 \times (2655 - 2500)}{1870} = 65\ \text{N}$$

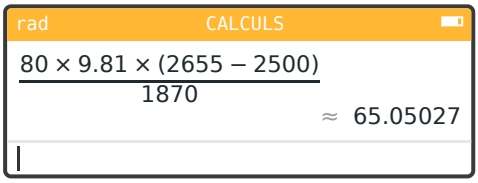
$f \approx 65$ N

PIÈGE
Écrire $W(\vec{f}) = -f\,(z_D - z_L)$ ou prendre la distance horizontale. Le travail d'un frottement dépend du chemin suivi : c'est la longueur ℓ du câble qui compte.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la masse. Le poids vaut $m\,g \approx 785$ N : les frottements n'en représentent que 8 % environ, et suffisent pourtant à annuler la vitesse à l'arrivée.

MÉTHODE
Choisir deux points où la vitesse est connue (ici D et L, vitesse nulle) : le bilan d'énergie mécanique ne contient alors qu'une seule inconnue, f.

À LA CALCULATRICE



Le chewing-gum à la fraise

Bac S 2018 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 2 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

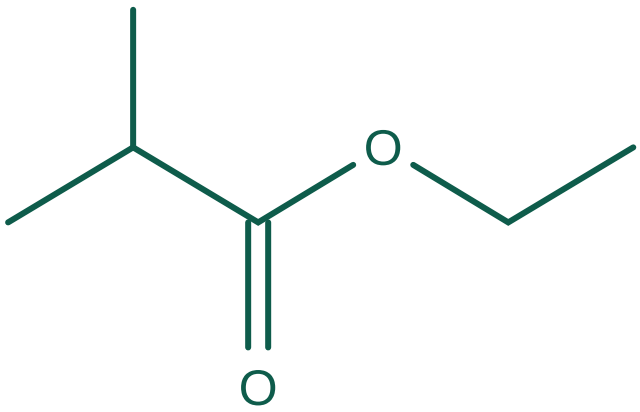
1.1 Quel est le type de la formule représentée ? Donner la formule brute et la formule topologique de l'espèce A.

Les liaisons entre atomes de carbone et avec l'oxygène sont dessinées, mais pas les liaisons $C-H$: c'est une formule **semi-développée**.

Décompte des atomes : 6 C, $3+3+1+2+3=12$ H et 2 O.

Formule semi-développée ; formule brute $C_6H_{12}O_2$; formule topologique ci-dessous.

PIÈGE
En formule topologique, on n'écrit ni les C ni les H portés par les carbones : chaque extrémité ou sommet de la ligne brisée est un carbone. Seuls les deux atomes O apparaissent ici.



1.1 · Formule topologique de l'espèce A

1.2 Choisir le nom de l'espèce A dans la liste proposée. Justifier.

La molécule contient le groupe $-CO-O-C$: elle appartient à la famille des **esters**, de nom « alcanoate d'alkyle ».

- Côté du carbone du groupe $C=O$: chaîne de 3 carbones (le carbone 1 est celui du groupe ester) portant un groupe méthyle sur le carbone 2, d'où « 2-méthylpropanoate ».
- Côté de l'oxygène : groupe $-CH_2-CH_3$ à 2 carbones, d'où « éthyle ».

L'espèce A est le **2-méthylpropanoate d'éthyle**.

MÉTHODE
Nommer un ester : la partie qui contient $C=O$ donne le nom en « -oate » (elle vient de l'acide), la partie liée à l'oxygène donne le nom du groupe alkyle (elle vient de l'alcool).

1.3 Cette molécule possède-t-elle des stéréoisomères de configuration ? Justifier.

Aucun carbone n'est asymétrique : le seul carbone tétraédrique qui pourrait l'être, le carbone 2, porte deux groupes $-CH_3$ identiques. Il n'y a donc pas d'énantiomères.

La molécule n'a pas de double liaison $C=C$: pas d'isomérie Z/E non plus.

La molécule ne possède **aucun stéréoisomère de configuration**.

COMPRENDRE
Un carbone asymétrique porte quatre groupes tous différents. La stéréoisomérie (carbone asymétrique, Z/E) relevait du programme de Terminale S ; elle n'est plus exigible dans l'actuel programme de spécialité.

1.4 Identifier l'espèce chimique notée X dans l'équation de la réaction.

En formules brutes : $C_4H_8O_2 + C_2H_6O \longrightarrow C_6H_{12}O_2 + X$.

Conservation des éléments : X contient $4+2-6=0$ C, $8+6-12=2$ H et $2+1-2=1$ O.

X est l'**eau** H_2O.

COMPRENDRE
Acide carboxylique + alcool donnent ester + eau : c'est une estérification. Le groupe $-OH$ de l'acide est remplacé par le groupe $-O-CH_2-CH_3$ venu de l'alcool.

1.5 Quelles sont les consignes de sécurité à mettre en place pour effectuer cette synthèse en toute sécurité ? Justifier.

D'après les pictogrammes :

- l'éthanol est **inflammable** : aucune flamme à proximité, chauffage avec un chauffe-ballon électrique ;
- l'acide sulfurique concentré est **corrosif** et l'acide 2-méthylpropanoïque est **irritant ou nocif** : blouse fermée, lunettes de protection et gants, prélèvements sous la hotte.

Le réfrigérant du montage à reflux doit être alimenté en eau avant de chauffer, pour condenser les vapeurs au lieu de les laisser s'échapper.

Blouse, lunettes, gants, hotte, chauffage électrique sans flamme.

PIÈGE
Une liste d'équipements ne suffit pas : la question demande de justifier. Chaque consigne doit être reliée à un pictogramme du tableau de données.

1.6 L'acide sulfurique est un catalyseur et la catalyse est homogène. Expliquer l'expression « catalyse homogène ».

Un catalyseur est une espèce qui accélère la réaction sans figurer dans son équation : il est régénéré en fin de transformation.

La catalyse est dite homogène lorsque le catalyseur et les réactifs forment une seule phase. Ici, l'acide sulfurique est dissous dans le mélange liquide d'acide et d'alcool.

Catalyse homogène : catalyseur et réactifs sont dans la **même phase** (ici liquide).

PIÈGE
Le critère porte sur le catalyseur et les réactifs. Dire seulement « le mélange est homogène » sans parler du catalyseur ne répond pas à la question.

1.7 Déterminer le volume d'éthanol à ajouter pour que le mélange réactionnel soit stœchiométrique.

Données utiles $n_{\text{acide}} = 0{,}2$ mol ; éthanol : $M = 46\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, $\rho = 0{,}79\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$

L'équation indique 1 mole d'éthanol pour 1 mole d'acide : il faut $n = 0{,}2$ mol d'éthanol.

Masse : $m = n\,M$; volume : $V = \dfrac{m}{\rho}$, donc

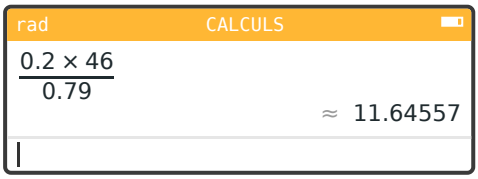
$$V = \frac{n\,M}{\rho} = \frac{0{,}2 \times 46}{0{,}79} = 11{,}6\ \text{mL}$$

$V \approx 12\ \text{mL}$ d'éthanol

PIÈGE
Avec ρ en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ et m en g, le volume sort directement en mL. Inutile de convertir en litres.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : la donnée la moins précise, $0{,}2$ mol, n'en a qu'un. Annoncer « environ 12 mL » est donc suffisant ; écrire $11{,}65$ mL n'aurait pas de sens.

À LA CALCULATRICE



1.8 Le spectre de RMN simulé correspond-il au produit attendu ? Justifier le nombre de signaux et la multiplicité de chacun d'eux.

La molécule $(CH_3)_2CH-CO-O-CH_2-CH_3$ comporte quatre groupes de protons équivalents ; on attend donc quatre signaux, ce que montre bien le spectre.

Multiplicité : un groupe de protons ayant n protons voisins donne un signal à $n+1$ pics.

- Les 6 H des deux CH_3 portés par le CH : 1 voisin, **doublet** (vers 1,10 ppm).
- Le H du CH : 6 voisins, **heptuplet** (vers 2,4 ppm).
- Les 2 H du CH_2 : 3 voisins, **quadruplet** (vers 4,1 ppm).
- Les 3 H du CH_3 lié au CH_2 : 2 voisins, **triplet** (vers 1,15 ppm).

4 signaux (doublet, heptuplet, quadruplet, triplet) : le spectre **correspond** au produit attendu.

PIÈGE
Les protons voisins sont ceux portés par les carbones adjacents. L'oxygène « coupe » le couplage : les H du CH_2 ne voient pas le H du CH.

COMPRENDRE
Les deux CH_3 portés par le même carbone ont le même environnement : ils comptent pour un seul signal. La RMN du proton était au programme de Terminale S ; elle ne figure plus dans l'actuel programme de spécialité.

2.1 Le pH de l'estomac est voisin de 2. Sous quelle forme se trouve l'aspartame juste après ingestion ?

$pH = 2 < 3{,}1$: on se place dans le premier domaine du diagramme de prédominance, à gauche de la frontière 3,1.

L'espèce qui prédomine est la forme la plus acide, de charge globale positive : groupe carboxyle $-COOH$ non dissocié et groupe amine protoné $-NH_3^+$.

Dans l'estomac, l'aspartame est sous la forme **cationique** $HOOC-CH_2-CH(NH_3^+)-R$.

MÉTHODE
Sur un diagramme de prédominance, placer le pH sur l'axe puis lire l'espèce du domaine. Plus le pH est faible, plus l'espèce porte de protons.

2.2 Écrire l'équation de la réaction de neutralisation de l'acide chlorhydrique et expliquer l'effervescence observée.

L'acide H_3O^+ (couple H_3O^+ / H_2O) réagit avec la base HCO_3^- (couple $CO_2,H_2O / HCO_3^-$) :

$$H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq) \longrightarrow CO_2,H_2O(aq) + H_2O(l)$$

Le dioxyde de carbone formé est peu soluble dans l'eau : il se dégage sous forme de bulles de gaz, d'où l'effervescence.

$H_3O^+ + HCO_3^- \longrightarrow CO_2 + 2\,H_2O$; l'effervescence est un dégagement de CO_2 gazeux.

PIÈGE
L'ion HCO_3^- est amphotère. Face à l'acide H_3O^+, il joue le rôle de base : le couple à utiliser est $CO_2,H_2O / HCO_3^-$, pas HCO_3^- / CO_3^{2-}.

COMPRENDRE
Quand l'effervescence cesse, il ne se forme plus de CO_2 : tous les ions H_3O^+ en excès ont été consommés. C'est le repère utilisé pour arrêter l'ajout.

2.3 Quelle information figurant sur la boîte de chewing-gums est vérifiée par cette expérience ? Justifier.

Le dépôt a (solution A) donne deux taches : la solution A contient au moins deux espèces.

- La tache du bas a migré à la même hauteur que celle du dépôt b : c'est l'acide aspartique.
- La tache du haut a migré à la même hauteur que celle du dépôt c : c'est la phénylalanine.

L'hydrolyse de l'aspartame a donc libéré de la phénylalanine.

L'expérience vérifie la mention « **Contient une source de phénylalanine** » : la source est l'aspartame.

COMPRENDRE
L'hydrolyse a lieu en présence d'eau et à chaud : cela éclaire aussi le conseil « conserver à l'abri de la chaleur et de l'humidité », même si un chauffage à reflux est bien plus sévère qu'un simple stockage.

MÉTHODE
Lire un chromatogramme : sur une même plaque, deux taches à la même hauteur correspondent à la même espèce. Autant de taches dans un dépôt, autant d'espèces révélées au moins.

3.1 Quel volume V de la solution mère faut-il prélever pour préparer 50,0 mL de la solution S_6 ?

Données utiles $C = 6{,}7 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C_6 = 6{,}7 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_6 = 50{,}0\ \text{mL}$

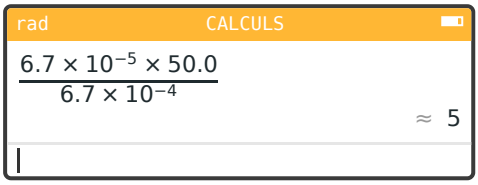
Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve : $C\,V = C_6\,V_6$.

$$V = \frac{C_6\,V_6}{C} = \frac{6{,}7 \times 10^{-5} \times 50{,}0}{6{,}7 \times 10^{-4}} = 5{,}0\ \text{mL}$$

$V = 5{,}0\ \text{mL}$ de solution mère

COMPRENDRE
La solution est diluée 10 fois : le volume prélevé est le dixième du volume final. On utilise une pipette jaugée de 5,0 mL et une fiole jaugée de 50,0 mL.

À LA CALCULATRICE



3.2 Déterminer le nombre d'insectes nécessaires pour produire le colorant E120 pour une boîte de 17 chewing-gums.

Données utiles $A_S = 0{,}213$; $V_S = 50{,}0$ mL ; $M = 492\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; 15 000 insectes pour 100 g de produit à 15 % en masse d'acide carminique ; tableau d'étalonnage

Concentration de la solution S. Les points $(C_i\,;A_i)$ sont proches d'une droite passant par l'origine : la loi de Beer-Lambert $A = k\,C$ est vérifiée. La droite tracée au plus près des points a pour coefficient directeur $k \approx 8{,}9 \times 10^3\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$C_S = \frac{A_S}{k} = \frac{0{,}213}{8{,}9 \times 10^3} = 2{,}4 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Masse d'acide carminique dans un chewing-gum. La dissolution est totale :

$$m = C_S\,V_S\,M = 2{,}4 \times 10^{-5} \times 0{,}0500 \times 492 = 5{,}9 \times 10^{-4}\ \text{g}$$

Masse pour la boîte. $m_{\text{boîte}} = 17 \times 5{,}9 \times 10^{-4} = 1{,}0 \times 10^{-2}$ g, soit 10 mg.

Nombre d'insectes. 15 000 insectes fournissent $100 \times \dfrac{15}{100} = 15$ g d'acide carminique. Par proportionnalité :

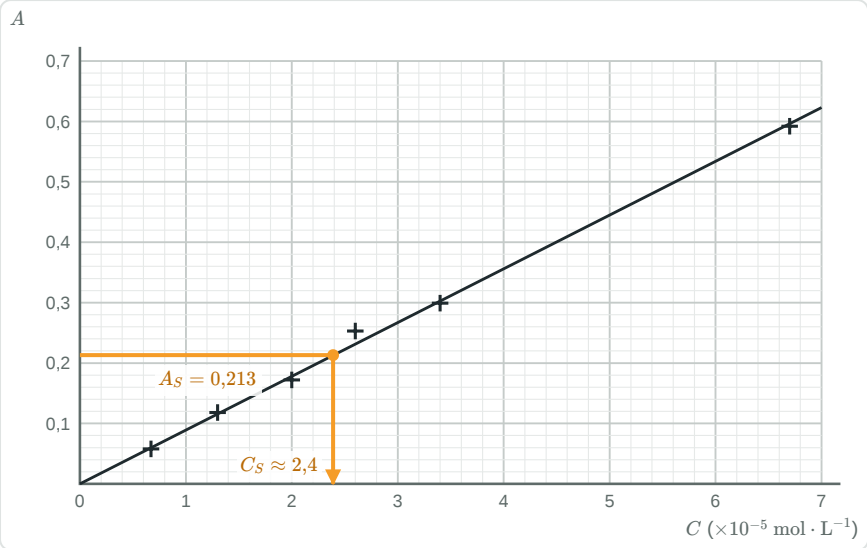
$$N = \frac{15\,000 \times 1{,}0 \times 10^{-2}}{15} = 10$$

Il faut environ **10 cochenilles** pour colorer une boîte de 17 chewing-gums.

PIÈGE
Les 100 g de produit ne sont pas 100 g de colorant : seuls 15 % sont de l'acide carminique. Et V_S doit être converti en litres : $50{,}0\ \text{mL} = 0{,}0500\ \text{L}$.

COMPRENDRE
Sans papier millimétré, on peut calculer $k = A_i/C_i$ pour chaque solution puis faire la moyenne : on retrouve $8{,}9 \times 10^3\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$. Un insecte fournit 1 mg de colorant, la boîte en contient 10 mg.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer les étapes (concentration, masse par chewing-gum, masse pour la boîte, nombre d'insectes), puis les traiter une à une. Chaque étape juste rapporte des points, même si le résultat final manque.



3.2 · Droite d'étalonnage et lecture de la concentration de la solution S

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.213}{8.9 \times 10^{3}} \approx 2.393258 \times 10^{-5}$$

$$2.4 \times 10^{-5} \times 0.0500 \times 492 \approx 5.904 \times 10^{-4}$$

$$17 \times 5.9 \times 10^{-4} \approx 0.01003$$

$$\frac{15\,000 \times 1.0 \times 10^{-2}}{15} \approx 10$$

Observer le Soleil en "H alpha"

Bac S 2018 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 En déduire la fréquence ν_α de la radiation Hα, de longueur d'onde dans le vide λ_α.

Données utiles $\lambda_\alpha = 656{,}3$ nm ; $c = 2{,}998 \times 10^8$ m · s^{-1}

Dans le vide, longueur d'onde et fréquence sont liées par $\lambda_\alpha = \dfrac{c}{\nu_\alpha}$, d'où $\nu_\alpha = \dfrac{c}{\lambda_\alpha}$.

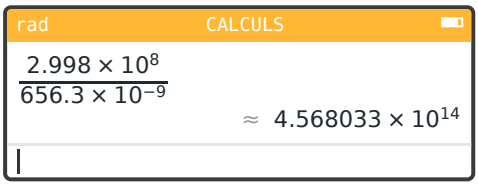
$$\nu_\alpha = \frac{2{,}998 \times 10^8}{656{,}3 \times 10^{-9}}$$

$\nu_\alpha = 4{,}568 \times 10^{14}$ Hz

PIÈGE
Laisser λ_α en nanomètres : il faut l'écrire $656{,}3 \times 10^{-9}$ m pour obtenir des hertz.

COMPRENDRE
Les deux données ont quatre chiffres significatifs : le résultat en garde quatre. Cette règle vaut pour tous les calculs de l'exercice.

À LA CALCULATRICE



1.2 Identifier la transition qui correspond à l'émission de la raie Hα.

Données utiles $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J · s ; 1 eV $= 1{,}602 \times 10^{-19}$ J ; ν_α (1.1) ; niveaux du diagramme : $E_2 = -3{,}40$ eV, $E_3 = -1{,}51$ eV

Énergie du photon émis : $E = h\,\nu_\alpha = \dfrac{h\,c}{\lambda_\alpha}$

$$E = \frac{6{,}626 \times 10^{-34} \times 2{,}998 \times 10^8}{656{,}3 \times 10^{-9}} = 3{,}027 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

En électronvolts : $E = \dfrac{3{,}027 \times 10^{-19}}{1{,}602 \times 10^{-19}} = 1{,}889$ eV.

Cette énergie est égale à l'écart entre deux niveaux de l'atome. Sur le diagramme : $E_3 - E_2 = -1{,}51 - (-3{,}40) = 1{,}89$ eV.

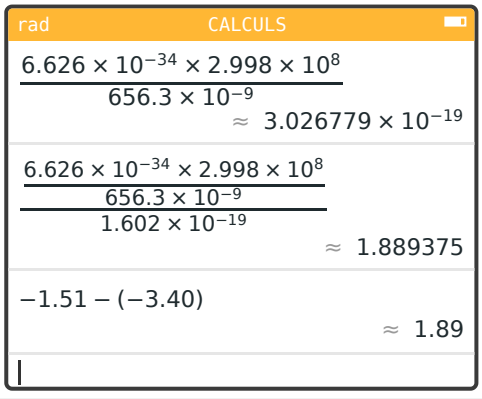
Lors d'une émission, l'atome perd de l'énergie : il passe du niveau supérieur au niveau inférieur.

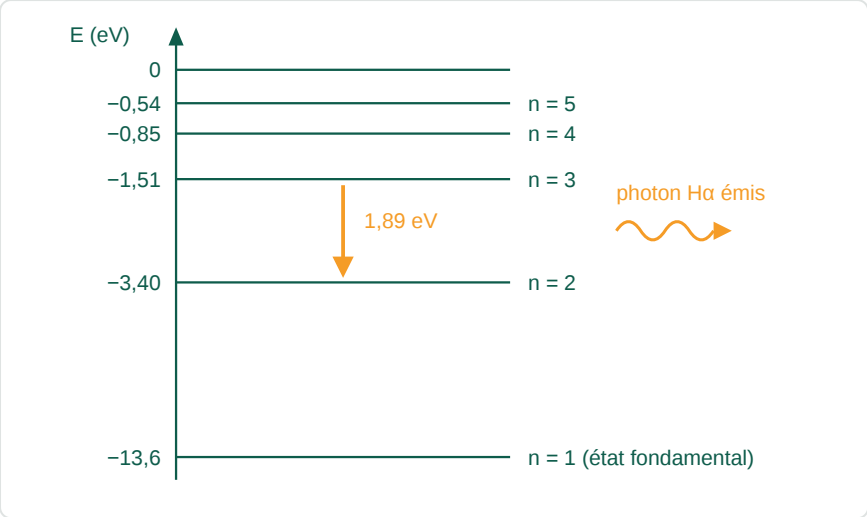
La raie Hα correspond à la transition du niveau $n = 3$ vers le niveau $n = 2$.

PIÈGE
Donner les deux niveaux sans le sens. Pour une émission, la flèche descend : de $n = 3$ vers $n = 2$. Le sens inverse décrit une absorption.

MÉTHODE
Convertir l'énergie du photon en électronvolts, puis chercher sur le diagramme les deux niveaux dont la différence donne cette valeur. Les écarts avec $n = 1$ dépassent 10 eV : inutile de les tester.

À LA CALCULATRICE





1.2 · Diagramme des niveaux d'énergie de l'hydrogène : transition de la raie Hα

2.1.1 Quelle expérience permet d'obtenir de façon certaine des interférences ?

Des interférences ne s'observent que si les deux ondes qui se superposent sont cohérentes : même fréquence et déphasage constant au cours du temps.

Dans l'expérience n°2, les deux fentes sont éclairées par le même faisceau laser : les ondes issues de S_1 et S_2 proviennent d'une source unique, elles sont cohérentes. Dans l'expérience n°1, les deux lasers sont des sources indépendantes : rien ne garantit la cohérence.

C'est l'expérience n°2 (fentes d'Young) qui donne des interférences de façon certaine.

COMPRENDRE
Deux lasers distincts, même de couleur identique, émettent des ondes dont le déphasage varie au hasard très rapidement : les franges se brouillent. Diviser un seul faisceau est le moyen sûr d'obtenir deux sources cohérentes.

2.1.2 À quelle condition, portant sur le retard τ et la période T, le point M appartient-il à une frange brillante ? à une frange sombre ?

Frange brillante : les deux ondes arrivent en phase en M (interférences constructives). Le retard est un nombre entier de périodes : $\tau = k\,T$, avec k entier relatif.

Frange sombre : les deux ondes arrivent en opposition de phase en M (interférences destructives). Le retard est un nombre impair de demi-périodes : $\tau = (2k+1)\,\dfrac{T}{2}$, avec k entier relatif.

Frange brillante : $\tau = k\,T$; frange sombre : $\tau = \left(k + \dfrac{1}{2}\right) T$ (k entier).

PIÈGE
Écrire les conditions avec λ : la question porte sur τ et T. Ne pas oublier de préciser que k est un entier.

COMPRENDRE
C'est la même condition que celle sur la différence de marche δ : comme $\delta = c\,\tau$ et $\lambda = c\,T$, écrire $\delta = k\,\lambda$ revient à écrire $\tau = k\,T$.

2.2.1 Vérifier que, pour $d = 49{,}88\ \mu$m et $i = 0{,}000^\circ$, les interférences sont constructives pour $\lambda_\alpha = 656{,}3$ nm. Préciser la valeur de k.

Données utiles condition d'interférences constructives : $2\,d\cos(i) = k\,\lambda$, avec k entier

On calcule le rapport $k = \dfrac{2\,d\cos(i)}{\lambda_\alpha}$ et on regarde s'il est entier.

$$k = \frac{2 \times 49{,}88 \times 10^{-6} \times \cos(0{,}000^\circ)}{656{,}3 \times 10^{-9}} = 152{,}0$$

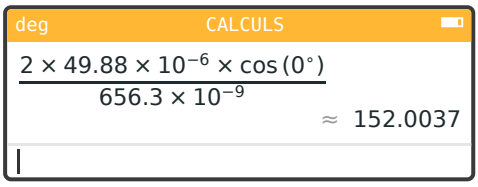
Avec la précision des données (quatre chiffres significatifs), ce rapport est un nombre entier : la condition est vérifiée.

Les interférences sont constructives pour λ_α, avec $k = 152$.

PIÈGE
Mélanger les unités : d est en micromètres (10^{-6} m) et λ_α en nanomètres (10^{-9} m). Une erreur de puissance de dix donne $k = 0{,}152$ et une conclusion fausse.

COMPRENDRE
La calculatrice affiche 152,004 et non 152 exactement : l'écart porte sur le cinquième chiffre, au-delà de la précision de d et de λ_α. On conclut donc bien que k est entier.

À LA CALCULATRICE



2.2.2 Parmi les longueurs d'onde vérifiant la condition d'interférences constructives, déterminer celle qui précède directement ou qui suit (au choix) la radiation de longueur d'onde λ_α.

Données utiles $d = 49{,}88\ \mu$m ; $i = 0{,}000^\circ$; $k = 152$ pour λ_α (2.2.1)

Les longueurs d'onde transmises vérifient $\lambda = \dfrac{2\,d\cos(i)}{k}$. Les voisines de λ_α correspondent aux entiers voisins de 152.

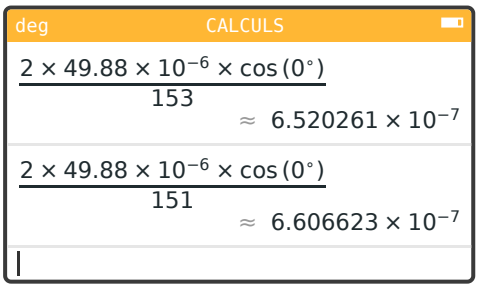
Choix : $k = 153$ (longueur d'onde plus petite, celle qui précède λ_α).

$$\lambda_{153} = \frac{2 \times 49{,}88 \times 10^{-6} \times \cos(0{,}000^\circ)}{153} = 6{,}520 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

$\lambda_{153} = 652{,}0$ nm (autre choix possible : $k = 151$, soit $\lambda_{151} = 660{,}7$ nm).

PIÈGE
Croire que $k + 1$ donne la longueur d'onde suivante. λ et k varient en sens inverse : $k = 153$ donne la longueur d'onde qui précède, $k = 151$ celle qui suit.

À LA CALCULATRICE



2.2.3 Calculer la valeur de l'écart $\Delta\lambda$ entre deux longueurs d'onde successives et vérifier que $\Delta\lambda \approx \dfrac{\lambda_\alpha^2}{2d}$.

Données utiles $\lambda_\alpha = 656{,}3$ nm ; $\lambda_{153} = 652{,}0$ nm (2.2.2) ; $d = 49{,}88\ \mu$m

Écart entre les deux longueurs d'onde successives : $\Delta\lambda = \lambda_\alpha - \lambda_{153} = 656{,}3 - 652{,}0 = 4{,}3$ nm.

Valeur donnée par la relation de l'énoncé :

$$\frac{\lambda_\alpha^2}{2d} = \frac{(656{,}3 \times 10^{-9})^2}{2 \times 49{,}88 \times 10^{-6}} = 4{,}318 \times 10^{-9}\ \text{m} = 4{,}318\ \text{nm}$$

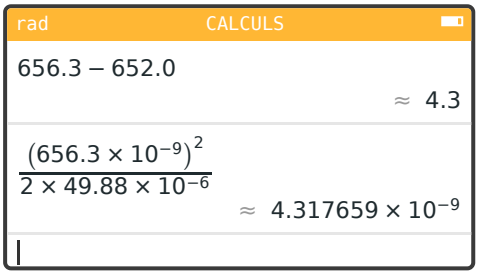
Les deux valeurs coïncident à la précision de la soustraction.

$\Delta\lambda = 4{,}3$ nm et $\dfrac{\lambda_\alpha^2}{2d} = 4{,}318$ nm $\approx 4{,}3$ nm : la relation est vérifiée.

COMPRENDRE
Une soustraction garde la précision du dixième de nanomètre : $\Delta\lambda$ n'a que deux chiffres significatifs. Avec $k = 151$, on trouve $660{,}7 - 656{,}3 = 4{,}4$ nm, valeur tout aussi compatible avec $4{,}318$ nm.

MÉTHODE
Pour « vérifier que A ≈ B », calculer séparément A et B, puis comparer les deux valeurs dans une phrase. Ne jamais partir de l'égalité à démontrer.

À LA CALCULATRICE



2.3.1 Déterminer la longueur d'onde de la radiation transmise commune aux trois filtres A, B et C. Commenter.

On cherche sur le graphique une longueur d'onde pour laquelle les trois courbes présentent en même temps un maximum de transmission. Le filtre B n'a que deux pics (vers 493 nm et vers 657 nm) et le filtre C n'est proche de son maximum qu'entre 650 et 670 nm environ. Le seul pic commun aux trois filtres se lit à environ 657 nm.

Commentaire : à la précision de la lecture, c'est la longueur d'onde de la raie Hα ($\lambda_\alpha = 656{,}3$ nm). Les trois filtres sont donc conçus pour transmettre tous les trois cette radiation.

Radiation commune : $\lambda \approx 657$ nm, c'est-à-dire la raie Hα.

COMPRENDRE
Une graduation vaut 10 nm : la lecture ne donne la position du pic qu'à quelques nanomètres près. La valeur lue n'est donc pas en désaccord avec 656,3 nm.

2.3.2 Les filtres A et B sont de type Fabry-Pérot. Comparer qualitativement leurs paramètres : distance entre les deux miroirs, nature plus ou moins réfléchissante des miroirs.

Données utiles $\Delta\lambda \approx \dfrac{\lambda^2}{2d}$; plus les miroirs sont réfléchissants, plus les pics sont fins

Distance entre les miroirs : les pics du filtre A sont beaucoup plus rapprochés que ceux du filtre B, donc $\Delta\lambda_A < \Delta\lambda_B$. Comme $\Delta\lambda \approx \dfrac{\lambda^2}{2d}$, l'écart $\Delta\lambda$ est d'autant plus petit que d est grand, à longueur d'onde donnée : $d_A > d_B$.

Miroirs : les pics du filtre A sont nettement plus fins que ceux du filtre B (largeur $\delta\lambda$ plus petite). Les miroirs du filtre A sont donc plus réfléchissants.

Le filtre A a des miroirs plus éloignés ($d_A > d_B$) et plus réfléchissants que ceux du filtre B.

PIÈGE
Inverser la comparaison des distances : d est au dénominateur, donc des pics serrés signifient une grande distance entre les miroirs.

2.3.3 Expliquer brièvement pourquoi il est nécessaire de superposer plusieurs filtres pour sélectionner correctement la raie H α.

Aucun filtre ne suffit seul : le filtre A a un pic fin sur Hα mais transmet aussi de nombreuses autres longueurs d'onde ; le filtre B laisse encore passer un second pic vers 493 nm ; le filtre C transmet une large bande de plusieurs dizaines de nanomètres.

Une radiation ne traverse l'ensemble que si elle est transmise par chacun des filtres. B élimine les pics de A voisins de Hα, C élimine le pic de B vers 493 nm.

En superposant les filtres, seule la raie Hα est transmise, avec la finesse du pic du filtre A.

COMPRENDRE
Les coefficients de transmission se multiplient : à une longueur d'onde donnée, il suffit qu'un seul filtre ait un T_r proche de zéro pour que la lumière soit arrêtée.

Spécialité : Impression sur plastique avec de l'encre à l'eau

Bac S 2018 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 À l'aide du document 1, justifier la nécessité d'un traitement du film de plastique pour utiliser des encres à l'eau.

Données utiles $\gamma_{encre} = 4{,}5 \times 10^{-2}\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$; avant traitement, $\gamma_P \approx 30\ \text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$ (document 1)

Condition de mouillage (document 1) : un liquide s'étale sur un solide si sa tension superficielle est plus petite que celle du solide, soit ici $\gamma_{encre} < \gamma_P$.

Dans la même unité : $\gamma_{encre} = 4{,}5 \times 10^{-2}\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1} = 45\ \text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$, alors que $\gamma_P \approx 30\ \text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$ pour le film non traité.

$\gamma_{encre} > \gamma_P$: l'encre forme des gouttelettes sur le film brut. Il faut un traitement qui porte γ_P au-dessus de $45\ \text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$.

PIÈGE
Comparer $4{,}5 \times 10^{-2}$ et 30 sans convertir : l'une des valeurs est en $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$, l'autre en $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$.

COMPRENDRE
La tension superficielle n'est plus au programme actuel de spécialité. Ici tout est fourni par les documents : la question évalue l'extraction d'une condition et une comparaison chiffrée.

2 Problème à résoudre : le film de plastique traité peut-il être utilisé avec une encre à l'eau de tension superficielle $\gamma_{encre} = 4{,}5 \times 10^{-2}\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$?

Données utiles $\theta_C \approx 57^\circ$ après traitement ; $h = \dfrac{2\,\gamma_L}{\rho\, g\, R}$; $\rho = 1{,}0 \times 10^{3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $g = 9{,}8\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$; graphiques des documents 3 et 4

Démarche. Le film convient si, après traitement, $\gamma_P > \gamma_{encre}$ (question 1). Le document 4 donne γ_P à partir de l'angle $\theta_C = 57^\circ$, à condition de savoir laquelle des trois courbes correspond au liquide L. Il faut donc d'abord déterminer γ_L avec le document 3.

Étape 1 : tension superficielle du liquide L. La loi de Jurin s'écrit $h = \dfrac{2\,\gamma_L}{\rho\, g} \times \dfrac{1}{R}$: h est proportionnelle à $\dfrac{1}{R}$, avec un coefficient $k = \dfrac{2\,\gamma_L}{\rho\, g}$.

Les points du document 3 sont à peu près alignés avec l'origine. On trace la droite moyenne passant par l'origine ; elle passe par le point $(2500\ \text{m}^{-1}\ ;\ 0{,}035\ \text{m})$:

$$k = \frac{0{,}035}{2500} = 1{,}4 \times 10^{-5}\ \text{m}^2$$

$$\gamma_L = \frac{\rho\, g\, k}{2} = \frac{1{,}0 \times 10^{3} \times 9{,}8 \times 1{,}4 \times 10^{-5}}{2} = 6{,}9 \times 10^{-2}\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$$

Cette valeur est très proche de $\gamma_{L3} = 7{,}0 \times 10^{-2}\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$: le liquide L correspond à la courbe ③ du document 4.

Étape 2 : tension superficielle du film traité. Sur la courbe ③, l'ordonnée $\theta_C = 57^\circ$ correspond à l'abscisse $\gamma_P \approx 0{,}048\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$, soit $48\ \text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$.

Conclusion. $\gamma_{encre} = 45\ \text{mN}\cdot\text{m}^{-1} < \gamma_P \approx 48\ \text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$: la condition de mouillage est remplie.

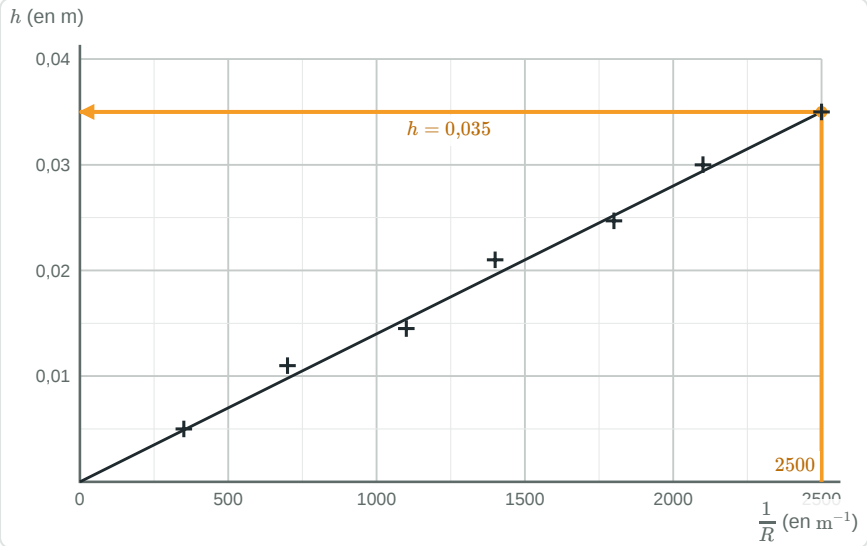
Regard critique. L'écart est faible (environ $3\ \text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$) et les deux lectures graphiques sont peu précises, de même que θ_C, donné à « environ » 57°. Le film est vraisemblablement utilisable, sans grande marge de sécurité.

Oui : après traitement, $\gamma_P \approx 4{,}8 \times 10^{-2}\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1} > \gamma_{encre} = 4{,}5 \times 10^{-2}\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$; l'encre à l'eau mouille le film, avec une marge réduite.

PIÈGE
Lire le document 4 sur la mauvaise courbe : la courbe ② donnerait $\gamma_P \approx 0{,}031\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ et une conclusion opposée. Le choix de la courbe ③ doit être justifié par le calcul de γ_L.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme ρ, g et la lecture de h. Le coefficient directeur se calcule avec un point de la droite tracée, loin de l'origine, et non avec un point de mesure isolé.

MÉTHODE
Résolution de problème : partir de la grandeur cherchée (γ_P), repérer le document qui la fournit, puis remonter aux grandeurs manquantes (γ_L). Annoncer ce plan avant de calculer : la démarche est notée même inaboutie.



2 · Document 3 : droite moyenne passant par l'origine et point utilisé pour le coefficient directeur

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.035}{2500} \approx 1.4 \times 10^{-5}$$

$$\frac{1.0 \times 10^{3} \times 9.8 \times 1.4 \times 10^{-5}}{2} \approx 0.0686$$