Corrigé complet — Bac S 2018 Métropole (ancien programme)

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

Ex 1	**Vitamine C** Groupes caractéristiques · Catégories de réaction · Formule topologique · Spectroscopie infrarouge · Réaction acido-basique · Titrage pH-métrique	4 pts	40 min	9 questions	p. 2
Ex 2	**Service et réception au volley-ball** Effet Doppler · Ondes électromagnétiques · Deuxième loi de Newton · Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme · Énergie mécanique	11 pts	1 h 50	12 questions	p. 6
Ex 3	**Crème anesthésiante** Groupes caractéristiques amine et amide · Spectre de RMN du proton · Chauffage à reflux · Réactif limitant et rendement · Mécanisme réactionnel · Quantité de matière	5 pts	50 min	9 questions	p. 11
Ex 4	**Spécialité : Hydratation lors d'un marathon** Dilution · Dosage par étalonnage · Loi de Beer-Lambert · Concentration molaire et concentration massique · Résolution de problème	5 pts	50 min	2 questions	p. 15

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.

Vitamine C

Bac S 2018 Métropole (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 40 min**

1.1.1 Le passage du D-glucose au D-sorbitol correspond-il à une modification de chaîne ou de groupe caractéristique ?

Dans le D-glucose, le carbone du bas de la chaîne appartient à un groupe carbonyle $C{=}O$ (fonction aldéhyde). Dans le D-sorbitol, ce même carbone porte un groupe hydroxyle $-OH$.

L'enchaînement des six atomes de carbone est resté le même.

C'est une modification de **groupe caractéristique** : un carbonyle devient un hydroxyle.

PIÈGE
Répondre sans nommer les deux groupes. La justification attendue cite le groupe de départ, le groupe d'arrivée, et précise que la chaîne carbonée est conservée.

1.1.2 Donner le nom de la catégorie de réaction. Justifier.

Deux réactifs, le D-glucose et le dihydrogène, donnent un produit unique : tous leurs atomes se retrouvent dans le D-sorbitol. Les deux atomes d'hydrogène se fixent sur la double liaison $C{=}O$, qui devient une liaison simple $C{-}O$.

C'est une réaction d'**addition**.

MÉTHODE
Compter les espèces de chaque côté de la flèche. Deux réactifs, un produit : addition. Un réactif, deux produits : élimination. Deux réactifs, deux produits avec remplacement d'un atome ou d'un groupe : substitution.

1.2.1 Écrire la formule brute du composé (E).

Dans la formule topologique, chaque sommet ou extrémité de trait est un atome de carbone : il y en a 6.

Hydrogène : 1 (groupe $COOH$) + 4 (groupes OH) + 3 (un par carbone CH) + 2 (carbone CH_2) = 10.

Oxygène : 2 ($COOH$) + 1 ($C{=}O$) + 4 (OH) = 7.

$C_6H_{10}O_7$

PIÈGE
Oublier les atomes d'hydrogène portés par les carbones : ils ne sont pas dessinés. Chaque carbone doit faire quatre liaisons ; on complète avec des H.

1.2.2 Identifier l'espèce chimique Y et la nommer.

Données utiles (E) : $C_6H_{10}O_7$ (1.2.1) ; acide ascorbique : $C_6H_8O_6$

Étape 3 : $C_6H_{10}O_7 \longrightarrow C_6H_8O_6 + Y$.

Conservation des éléments : Y contient $6-6=0$ atome de carbone, $10-8=2$ atomes d'hydrogène et $7-6=1$ atome d'oxygène.

Y a pour formule H_2O : c'est l'**eau**.

COMPRENDRE
Le groupe carboxyle de (E) réagit avec un groupe hydroxyle de la même molécule : il se forme un ester cyclique et de l'eau, comme lors d'une estérification.

1.3 Attribuer les spectres infrarouge A et B au D-sorbitol et à l'acide ascorbique. Justifier.

Données utiles $O-H$ alcool : 3200 – 3700 cm^{-1}, bande forte et large ; $C=O$: 1650 – 1740 cm^{-1}, bande forte

Les deux molécules possèdent des groupes hydroxyle : la bande large au-delà de 3200 cm^{-1} figure sur les deux spectres et ne les départage pas.

L'acide ascorbique possède en plus une liaison $C=O$, absente du D-sorbitol. Elle doit donner une bande forte entre 1650 et 1740 cm^{-1}.

Le spectre B présente une bande forte et fine vers 1700 cm^{-1}. Le spectre A n'absorbe pas entre 1600 et 2000 cm^{-1}.

Spectre A : **D-sorbitol** ; spectre B : **acide ascorbique**.

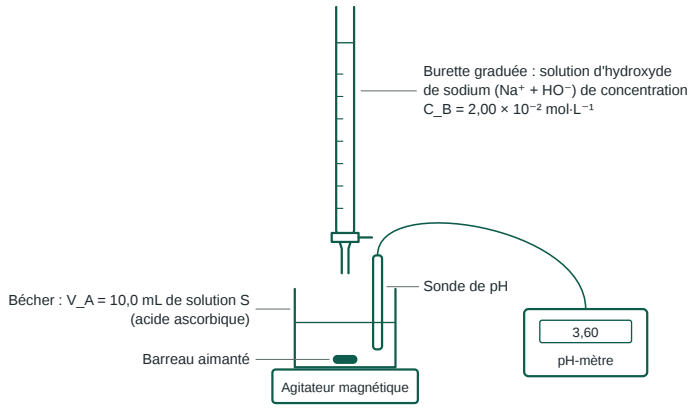
MÉTHODE
Chercher d'abord la liaison présente dans une seule des deux molécules, puis vérifier la présence ou l'absence de sa bande sur chaque spectre. Le nombre d'onde croît vers la gauche.

2.1 Réaliser un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour réaliser le titrage.

Le schéma comporte la burette graduée avec la solution titrante, le bécher avec la solution titrée, l'agitateur magnétique et son barreau aimanté, le pH-mètre et sa sonde plongée dans la solution.

Solution titrante (burette) : hydroxyde de sodium ; solution titrée (bécher) : 10,0 mL de solution S.

PIÈGE
Légende incomplète : il faut le nom de la verrerie et celui de la solution qu'elle contient. Inverser solution titrante et solution titrée coûte les points.



2.1 · Montage du titrage suivi par pH-métrie

2.2 Justifier que la réaction support de titrage est une réaction acido-basique.

L'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ perd un ion H^+ et devient l'ion ascorbate $C_6H_7O_6^-$: c'est l'acide du couple $C_6H_8O_6$ / $C_6H_7O_6^-$.

L'ion hydroxyde HO^- gagne cet ion H^+ et devient H_2O : c'est la base du couple H_2O / HO^-.

Un ion H^+ est transféré de l'acide d'un couple vers la base d'un autre couple : la réaction est **acido-basique**.

2.3 Déterminer la concentration molaire en acide ascorbique de la solution S.

Données utiles $V_A = 10{,}0$ mL ; $C_B = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; courbe de la figure 1

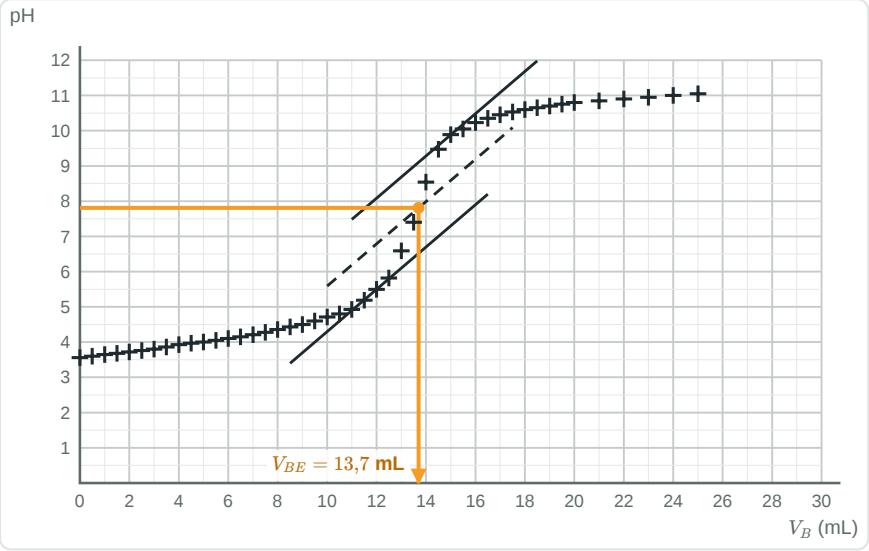
Volume à l'équivalence, par la méthode des tangentes parallèles sur la figure 1 : $V_{BE} = 13{,}7$ mL.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation du titrage (1 pour 1) :

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)_{\text{initial}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}} \quad \text{soit} \quad C_A\,V_A = C_B\,V_{BE}$$

$$C_A = \frac{C_B\,V_{BE}}{V_A} = \frac{2{,}00 \times 10^{-2} \times 13{,}7}{10{,}0}$$

$$\boxed{C_A = 2{,}74 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$



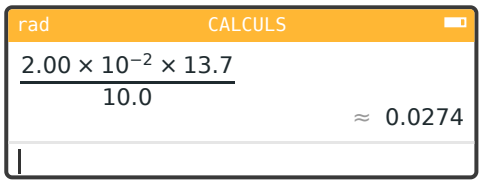
2.3 · Figure 1 du sujet : méthode des tangentes parallèles

PIÈGE
Les deux volumes restent en mL car leur rapport est sans unité. Convertir un seul des deux en litre fausse le résultat d'un facteur 1000.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_B, V_A et V_{BE}. Les points sont espacés de 0,5 mL dans le saut : une lecture de V_{BE} entre 13,5 et 14,0 mL est recevable.

MÉTHODE
Tracer deux tangentes parallèles de part et d'autre du saut, puis la parallèle équidistante des deux. Son intersection avec la courbe donne le point d'équivalence ; on lit son abscisse.

À LA CALCULATRICE



2.4 En déduire la masse m de vitamine C contenue dans le comprimé. Comparer à l'indication du fabricant. Proposer deux sources d'erreurs possibles, liées à la mise en œuvre du titrage.

Données utiles $C_A = 2{,}74 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (2.3) ; $V_S = 100{,}0\ \text{mL}$; $M = 176\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; indication : 500 mg

Le comprimé entier est dissous dans les $V_S = 100{,}0$ mL de solution S :

$$m = n\,M = C_A\,V_S\,M = 2{,}74 \times 10^{-2} \times 100{,}0 \times 10^{-3} \times 176 = 0{,}482\ \text{g}$$

Comparaison : $\dfrac{500 - 482}{500} = 3{,}6\ \%$. La masse trouvée est inférieure de 18 mg à l'indication, soit un écart relatif inférieur à 4 %.

Deux sources d'erreurs possibles :

- le repérage de l'équivalence : V_{BE} est lu sur une construction graphique ;
- la préparation de la solution S : dissolution incomplète du comprimé ou perte de solide, trait de jauge mal ajusté.

$m = 0{,}482\ \text{g} = 482\ \text{mg}$, proche des 500 mg annoncés (écart de 3,6 %).

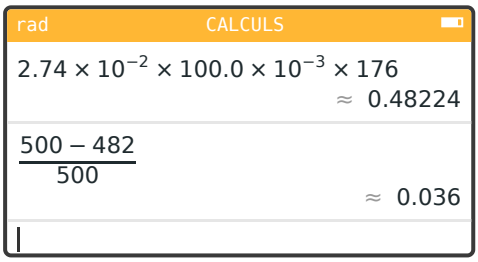
PIÈGE

Utiliser le volume de la prise d'essai (10,0 mL) au lieu de 100,0 mL : on obtient la masse contenue dans le bécher, dix fois trop petite.

COMPRENDRE

Une erreur de 0,2 mL sur V_{BE} déplace m de 7 mg. On peut aussi citer le prélèvement des 10,0 mL à la pipette jaugée ou la concentration réelle de la solution d'hydroxyde de sodium.

À LA CALCULATRICE



Service et réception au volley-ball

Bac S 2018 Métropole (ancien programme) · Exercice 2 **11 points** **Durée conseillée 1 h 50**

1.1 Identifier le domaine des ondes électromagnétiques émises par le radar portatif. Justifier par un calcul.

Données utiles $f_{\text{émise}} = 3{,}47 \times 10^{10}$ Hz ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; axe des domaines en fonction de λ

Longueur d'onde dans l'air : $\lambda = \dfrac{c}{f_{\text{émise}}}$

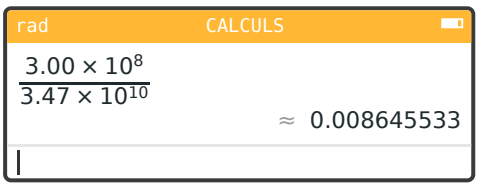
$$\lambda = \frac{3{,}00 \times 10^{8}}{3{,}47 \times 10^{10}} = 8{,}65 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

Cette valeur est comprise entre 10^{-3} m et 1 m.

$\lambda = 8{,}65 \times 10^{-3}$ m : le radar émet des **micro-ondes**.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme la fréquence et la valeur de c utilisée. L'axe du sujet est gradué en longueur d'onde : il faut donc convertir la fréquence avant de conclure.

À LA CALCULATRICE



1.2 Nommer le phénomène à l'origine de la différence de fréquence entre les ondes émise et reçue par le radar.

L'onde se réfléchit sur un objet en mouvement par rapport au radar : sa fréquence est modifiée.

Il s'agit de l'**effet Doppler**.

1.3 Le radar est face au serveur et vise le ballon. La fréquence de l'onde reçue est-elle inférieure ou supérieure à celle de l'onde émise ? Justifier.

Après la frappe, le ballon se dirige vers le radar : il s'en rapproche. Les fronts d'onde renvoyés par le ballon sont alors resserrés, la longueur d'onde reçue est plus petite que celle émise. La célérité étant inchangée, la fréquence reçue est plus grande.

$f_{\text{reçue}} > f_{\text{émise}}$ car le ballon se rapproche du radar.

MÉTHODE
Effet Doppler : rapprochement, fréquence perçue plus élevée ; éloignement, fréquence perçue plus basse. C'est la sirène plus aiguë quand le véhicule arrive, plus grave quand il repart.

1.4 En déduire la valeur de la vitesse du ballon. Vérifier l'accord avec l'indication de l'écran du radar de la figure 2.

Données utiles $|\Delta f| = 4{,}86$ kHz ; $f_{\text{émise}} = 3{,}47 \times 10^{10}$ Hz ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; écran du radar : $76\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$

De $|\Delta f| = \dfrac{2\, v_0\, f_{\text{émise}}}{c}$ on tire $v_0 = \dfrac{c\,|\Delta f|}{2\, f_{\text{émise}}}$

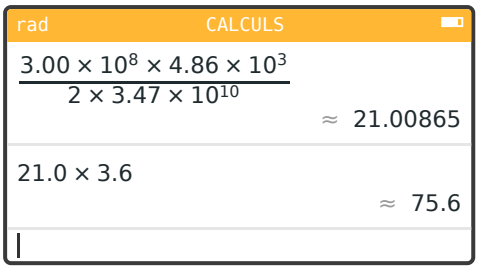
$$v_0 = \frac{3{,}00 \times 10^{8} \times 4{,}86 \times 10^{3}}{2 \times 3{,}47 \times 10^{10}} = 21{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Conversion : $v_0 = 21{,}0 \times 3{,}6 = 75{,}6\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, soit $76\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ en arrondissant à l'unité, comme l'écran.

$v_0 = 21{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 75{,}6\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$: en accord avec les $76\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ affichés.

PIÈGE
Laisser $|\Delta f|$ en kHz donne une vitesse mille fois trop petite. Pour passer des $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ aux $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, on multiplie par 3,6 (on ne divise pas).

À LA CALCULATRICE



2.1 Montrer que, si on néglige l'action de l'air, les coordonnées du vecteur accélération du centre du ballon après la frappe sont $a_x(t) = 0$ et $a_y(t) = -g$.

Système : {ballon}, de masse m constante. Référentiel : terrestre, supposé galiléen.

Bilan des forces : l'action de l'air étant négligée, seul le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$ s'exerce sur le ballon après la frappe.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, soit $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Le vecteur $\vec{g}$ est vertical, dirigé vers le bas, alors que l'axe (Oy) est orienté vers le haut : $\vec{g}\,(0\ ;\ -g)$.

$$\boxed{a_x(t) = 0 \text{ et } a_y(t) = -g}$$

MÉTHODE
Toujours quatre étapes : système, référentiel galiléen, bilan des forces, deuxième loi de Newton. On projette ensuite sur les axes en regardant leur orientation.

2.2 Établir les équations horaires $x(t) = v_0 t$ et $y(t) = -\dfrac{gt^2}{2} + h$, puis en déduire l'équation de la trajectoire $y(x) = -\dfrac{g}{2v_0^2}\,x^2 + h$.

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on cherche les primitives de a_x et a_y : $v_x(t) = C_1$ et $v_y(t) = -g\,t + C_2$.

À $t = 0$, $\vec{v}_0$ est horizontal : $v_x(0) = v_0$ et $v_y(0) = 0$, donc $C_1 = v_0$ et $C_2 = 0$.

$$v_x(t) = v_0 \qquad v_y(t) = -g\,t$$

Comme $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OB}}{\mathrm{d}t}$, on prend de nouveau les primitives : $x(t) = v_0\,t + C_3$ et $y(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + C_4$.

À $t = 0$, le centre du ballon est en $B_0\,(0\ ;\ h)$, donc $C_3 = 0$ et $C_4 = h$.

$$x(t) = v_0\,t \qquad y(t) = -\frac{g\,t^2}{2} + h$$

Trajectoire : $t = \dfrac{x}{v_0}$, que l'on reporte dans $y(t)$: $y = -\dfrac{g}{2}\left(\dfrac{x}{v_0}\right)^2 + h$.

$$\boxed{y(x) = -\frac{g}{2\,v_0^2}\,x^2 + h}$$

PIÈGE
Oublier les constantes d'intégration ou ne pas les justifier par les conditions initiales. Ici la vitesse initiale est horizontale : aucun angle, aucun terme en t dans $y(t)$.

COMPRENDRE
L'énoncé écrit « le vecteur initiale $\vec{v}_0$ » : il faut lire « le vecteur vitesse initiale ».

2.3 En admettant que le ballon franchisse le filet, vérifier qu'il touche le sol avant la ligne de fond.

Données utiles $v_0 = 21{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $h = 3{,}5\ \text{m}$; $r = 10\ \text{cm}$; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; ligne de fond adverse en $x = L = 18{,}0\ \text{m}$

Le ballon touche le sol quand son centre est à la hauteur d'un rayon : $y = r$.

$$r = -\frac{g}{2\,v_0^2}\,x_{\text{sol}}^2 + h \quad \text{donc} \quad x_{\text{sol}} = v_0\sqrt{\frac{2\,(h-r)}{g}}$$

(on garde la solution positive).

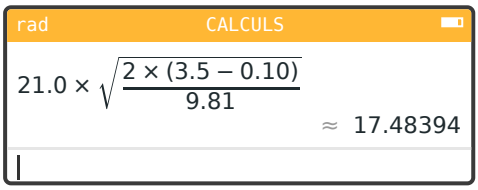
$$x_{\text{sol}} = 21{,}0 \times \sqrt{\frac{2\times(3{,}5-0{,}10)}{9{,}81}} = 17{,}5\ \text{m}$$

$x_{\text{sol}} \approx 17{,}5\ \text{m} < L = 18{,}0\ \text{m}$: le ballon touche le sol avant la ligne de fond.

PIÈGE
h n'a que deux chiffres significatifs : arrondi à deux chiffres, le résultat ne se distingue plus nettement de $18{,}0$ m. On garde un chiffre de plus pour comparer.

COMPRENDRE
Sans tenir compte du rayon ($y = 0$), on trouve $x_{\text{sol}} = 17{,}7$ m : la conclusion est la même, mais la marge est plus faible. Les deux démarches sont recevables si l'hypothèse est écrite.

À LA CALCULATRICE



2.4.1 Rappeler les expressions littérales des énergies cinétique E_c, potentielle de pesanteur E_{PP} et mécanique E_m du ballon en un point quelconque de la trajectoire.

Pour le ballon de masse m, de vitesse v, dont le centre est à l'altitude y :

$E_c = \frac{1}{2}\,m\,v^2$

$E_{PP} = m\,g\,y$ (axe vertical vers le haut, $E_{PP} = 0$ pour $y = 0$)

$$E_m = E_c + E_{PP} = \frac{1}{2}\,m\,v^2 + m\,g\,y$$

2.4.2 Associer chaque courbe 1, 2, 3 de la figure 3 à l'une des trois énergies E_m, E_{PP}, E_c. Justifier.

Courbe 3 : elle est horizontale. Sans action de l'air, le ballon n'est soumis qu'à son poids, force conservative : l'énergie mécanique se conserve. C'est E_m.

Courbe 1 : elle décroît jusqu'à s'annuler. L'altitude y diminue pendant la chute, donc $E_{PP} = m\,g\,y$ diminue. C'est E_{PP}.

Courbe 2 : elle croît. La vitesse du ballon augmente pendant la chute, donc E_c augmente. C'est E_c.

Courbe 1 : E_{PP} ; courbe 2 : E_c ; courbe 3 : E_m.

COMPRENDRE
La courbe 2 ne part pas de zéro : le ballon a déjà la vitesse v_0 à $t = 0$. À chaque instant, la somme des courbes 1 et 2 donne la courbe 3.

2.4.3 À l'aide de l'étude énergétique précédente, déterminer la valeur de la vitesse v_{sol} du centre du ballon lorsque le ballon touche le sol.

Données utiles $v_0 = 21{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $h = 3{,}5\ \text{m}$; $r = 10\ \text{cm}$; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

L'énergie mécanique se conserve entre la frappe ($y = h$, vitesse v_0) et le contact avec le sol ($y = r$, vitesse v_{sol}) :

$$\frac{1}{2}\,m\,v_0^2 + m\,g\,h = \frac{1}{2}\,m\,v_{\text{sol}}^2 + m\,g\,r$$

En multipliant par $\frac{2}{m}$: $v_{\text{sol}} = \sqrt{v_0^2 + 2\,g\,(h - r)}$

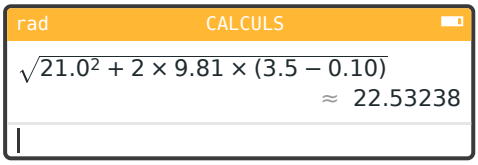
$$v_{\text{sol}} = \sqrt{21{,}0^2 + 2 \times 9{,}81 \times (3{,}5 - 0{,}10)} = 23\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v_{\text{sol}} = 23\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

PIÈGE
La figure 3 n'a pas d'échelle verticale et ne donne qu'une allure : y lire des valeurs d'énergie conduit à un résultat faux. On s'appuie sur la conservation de E_m.

COMPRENDRE
La masse se simplifie : le résultat n'en dépend pas. En prenant $y = 0$ au sol, comme le suggère le choix de l'origine de E_{PP}, on obtient 22,6, soit encore $23\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



2.5 En réalité, la vitesse v_{sol} est plus faible que celle déterminée à la question 2.4.3. Proposer une explication.

Le calcul néglige l'action de l'air. En réalité, l'air exerce sur le ballon des forces de frottement, non conservatives, dont le travail est résistant : l'énergie mécanique du ballon diminue au cours du mouvement.

À cause des frottements de l'air, E_m diminue : l'énergie cinétique à l'arrivée au sol, donc v_{sol}, est plus faible que prévu.

3 Évaluer la vitesse moyenne minimale du déplacement du joueur adverse, parti de sa ligne de fond à $t = 0$, pour réceptionner le ballon au point R. Ce résultat semble-t-il réaliste ?

Données utiles $h_R = 80$ cm ; $r = 10$ cm ; $h = 3{,}5$ m ; $L = 18{,}0$ m ; $v_0 = 21{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; équations horaires (2.2)

Altitude du centre du ballon à la réception. Le contact se fait en R, sous le ballon, à $h_R = 0{,}80$ m du sol : le centre est alors à $y_R = h_R + r = 0{,}90$ m.

Date de la réception. $y(t_R) = y_R$ s'écrit $-\dfrac{g\,t_R^2}{2} + h = y_R$, donc

$$t_R = \sqrt{\frac{2\,(h - y_R)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times (3{,}5 - 0{,}90)}{9{,}81}} = 0{,}73\ \text{s}$$

Abscisse du ballon à cette date. $x_R = v_0\,t_R = 21{,}0 \times 0{,}728 = 15{,}3$ m.

Vitesse du joueur. Il part de $x = L$ à $t = 0$ et doit être en x_R à la date t_R : il parcourt $d = L - x_R$ pendant t_R.

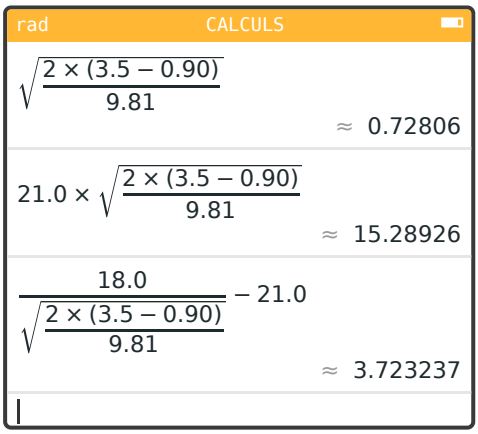
$$v_J = \frac{L - x_R}{t_R} = \frac{L}{t_R} - v_0 = \frac{18{,}0}{0{,}728} - 21{,}0 = 3{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

soit environ $13\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Critique. C'est l'allure d'une course modérée, loin des $10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ d'un sprinteur. Mais le joueur part de l'arrêt et n'a que $0{,}73$ s pour parcourir $2{,}7$ m : sa vitesse en fin de course dépasse nettement cette moyenne. Cela demande une très bonne réactivité, mais reste accessible à un joueur entraîné.

$v_J \approx 3{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} \approx 13\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: valeur réaliste pour un sportif.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Arrondir t_R à $0{,}73$ s avant de poursuivre fausse le résultat final, car v_J est une petite différence entre deux grands nombres. On garde la valeur non arrondie dans la calculatrice.

COMPRENDRE

Sans le rayon ($y_R = 0{,}80$ m), on obtient $3{,}3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, soit $12\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: même ordre de grandeur, même conclusion. La démarche compte plus que la valeur.

MÉTHODE

Question ouverte : 1) traduire la situation en conditions sur x et y ; 2) trouver la date avec $y(t)$; 3) trouver la position avec $x(t)$; 4) distance divisée par durée ; 5) comparer à un ordre de grandeur connu.

Crème anesthésiante

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

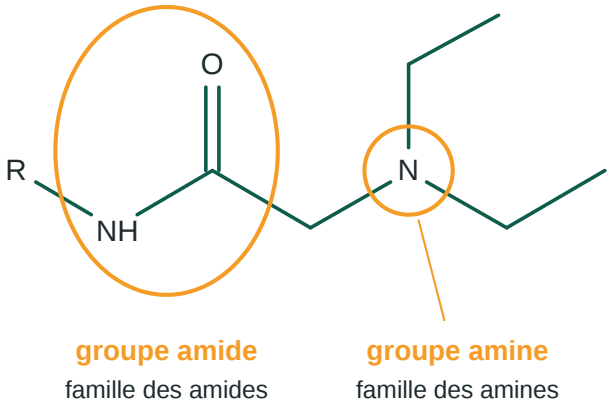
1.1 Recopier la formule topologique simplifiée de la lidocaïne (formule 2), entourer les groupes caractéristiques et nommer les familles chimiques correspondantes.

La formule 2 est recopiée ci-dessous ; elle comporte deux groupes caractéristiques.

- L'ensemble $-\mathrm{NH}-\mathrm{C}(=\mathrm{O})^-$ (azote lié à un carbone lui-même doublement lié à un oxygène) est le groupe **amide**.
- L'atome d'azote lié à trois atomes de carbone, sans $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ voisin, est le groupe **amine**.

La lidocaïne appartient à la famille des **amides** et à celle des **amines**.

PIÈGE
Entourer séparément $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ et NH et annoncer une cétone et une amine. Un azote directement lié au carbone d'un $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ forme avec lui un seul groupe : l'amide.



1.1 · Formule 2 recopiée : groupes caractéristiques entourés

1.2 Recopier la formule semi-développée simplifiée (formule 3) et y repérer les groupes de protons équivalents responsables du quadruplet à 2,7 ppm et du triplet à 1,1 ppm. Justifier.

Données utiles triplet à 1,1 ppm ; quadruplet à 2,7 ppm ; singulets à 3,2 ppm et 8,9 ppm

Règle des $(n+1)$-uplets : des protons équivalents ayant n protons voisins (portés par les carbones voisins) donnent un signal à $n+1$ pics.

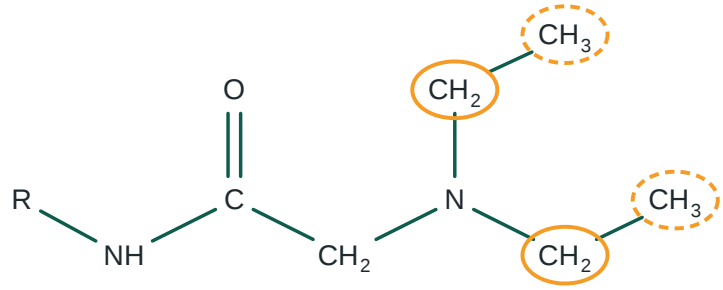
- Quadruplet : $n+1=4$, donc $n=3$ protons voisins. Seuls les protons des $\mathrm{CH_2}$ des groupes éthyle ont pour voisin un $\mathrm{CH_3}$ (l'azote, de l'autre côté, ne porte pas d'hydrogène).
- Triplet : $n+1=3$, donc $n=2$ protons voisins. Ce sont les protons des $\mathrm{CH_3}$, voisins d'un $\mathrm{CH_2}$.

Les deux groupes éthyle sont liés au même atome d'azote : ils ont le même environnement chimique et donnent les mêmes signaux.

Quadruplet à 2,7 ppm : les 4 protons des deux $\mathrm{CH_2}$ des groupes éthyle. Triplet à 1,1 ppm : les 6 protons des deux $\mathrm{CH_3}$.

COMPRENDRE
Le $\mathrm{CH_2}$ placé entre $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ et N n'a aucun proton voisin : c'est le singulet à 3,2 ppm. Le proton de NH donne le singulet à 8,9 ppm.

COMPRENDRE
La RMN du proton était au programme du bac S. Elle ne figure plus au programme actuel de spécialité, qui conserve les spectroscopies infrarouge et UV-visible.



quadruplet à 2,7 ppm (3 H voisins)

triplet à 1,1 ppm (2 H voisins)

1.2 · Formule 3 recopiée : protons du quadruplet (trait plein) et du triplet (tirets)

2.1.1 Indiquer l'intérêt du chauffage à reflux utilisé dans l'étape 1.

Chauffer augmente la température du mélange réactionnel, qui est un facteur cinétique : la transformation est plus rapide.

Le réfrigérant condense les vapeurs, qui retombent dans le ballon : il n'y a pas de perte de matière (réactifs, produits, solvant).

Le chauffage à reflux accélère la transformation sans perte de matière.

PIÈGE
Ne citer qu'un seul des deux rôles. Il faut « accélérer » (rôle du chauffage) et « éviter les pertes » (rôle du reflux) pour obtenir tous les points.

2.1.2 Vérifier que le réactif A est le réactif limitant du protocole mis en œuvre.

Données utiles $n(\text{A}) = 3{,}0 \times 10^{-2}$ mol ; $n(\text{diéthylamine}) = 1{,}5 \times 10^{-1}$ mol ; équation : 1 A pour 2 diéthylamine

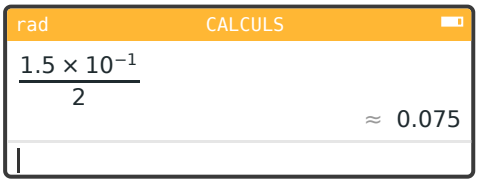
On compare les quantités initiales divisées par les nombres stœchiométriques :

$\dfrac{n(\text{A})}{1} = 3{,}0 \times 10^{-2}$ mol $\qquad \dfrac{n(\text{diéthylamine})}{2} = \dfrac{1{,}5 \times 10^{-1}}{2} = 7{,}5 \times 10^{-2}$ mol

$\dfrac{n(\text{A})}{1} < \dfrac{n(\text{diéthylamine})}{2}$: A est bien le réactif limitant.

PIÈGE
Comparer directement $3{,}0 \times 10^{-2}$ et $1{,}5 \times 10^{-1}$ mol. La conclusion est la même ici, mais le raisonnement est faux : la diéthylamine est consommée deux fois plus vite que A.

À LA CALCULATRICE



2.1.3 Déterminer la valeur du rendement de la synthèse effectuée. Commenter.

Données utiles $m_L = 5{,}6$ g ; $M(\text{L}) = 234{,}3\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $n(\text{A}) = 3{,}0\times10^{-2}$ mol, réactif limitant (2.1.2) ; rendement usuel supérieur à 70 %

A est limitant et l'équation indique 1 mol de lidocaïne formée par mole de A consommée : $n_{\max}(\text{L}) = n(\text{A}) = 3{,}0\times10^{-2}$ mol.

Masse maximale de lidocaïne : $m_{\max} = n_{\max}(\text{L})\times M(\text{L}) = 3{,}0\times10^{-2}\times234{,}3 = 7{,}0$ g.

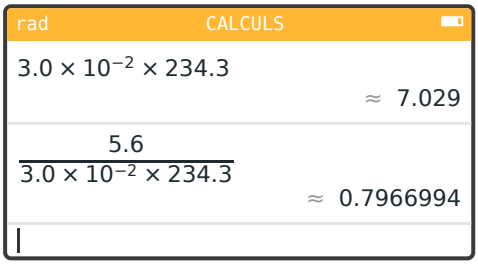
Rendement : $\eta = \dfrac{m_L}{m_{\max}} = \dfrac{5{,}6}{3{,}0\times10^{-2}\times234{,}3} = 0{,}80$

$\eta = 80\ \%$: valeur supérieure à 70 %, conforme au rendement usuel de cette synthèse.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme m_L et $n(\text{A})$. Les 20 % manquants s'expliquent par les pertes lors des extractions, de la précipitation et de la filtration, ou par une transformation incomplète.

MÉTHODE
Rendement : 1) réactif limitant ; 2) quantité maximale de produit d'après l'équation ; 3) rapport obtenu / maximal, en masses ou en quantités de matière, jamais un mélange des deux.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 Que représentent les flèches courbes figurant sur la première étape du mécanisme ?

Chaque flèche courbe représente le déplacement d'un doublet d'électrons, depuis un site donneur vers un site accepteur. Elle traduit la formation ou la rupture d'une liaison.

COMPRENDRE
Ici la flèche (1) crée la liaison $\text{C}-\text{N}$ et la flèche (2) rompt la liaison $\text{C}-\text{Cl}$: le doublet liant devient un doublet non liant de l'ion chlorure.

2.2.2 Identifier le site accepteur et le site donneur associés à la flèche (1).

La flèche (1) part du doublet non liant de l'atome d'azote de la diéthylamine : cet atome, riche en électrons, est le site donneur.

Elle pointe vers l'atome de carbone lié au chlore. Le chlore est plus électronégatif que le carbone : la liaison $\text{C}-\text{Cl}$ est polarisée et ce carbone porte une charge partielle positive δ^+.

Site donneur : l'atome N de la diéthylamine. Site accepteur : l'atome C lié à Cl.

PIÈGE
Désigner l'atome de chlore comme accepteur parce qu'il est électronégatif. Le chlore attire les électrons de la liaison ; c'est le carbone, appauvri en électrons, qui reçoit le doublet.

3.1 Vérifier que la quantité de matière de lidocaïne dans la crème étudiée est égale à $1{,}1\times10^{-4}$ mol par centimètre cube de crème.

Données utiles $\rho_c = 1{,}0\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$; 2,5 % en masse de lidocaïne ; $M(\text{L}) = 234{,}3\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse de $V = 1{,}0\ \text{cm}^3$ de crème : $m_c = \rho_c\times V = 1{,}0\times1{,}0 = 1{,}0$ g.

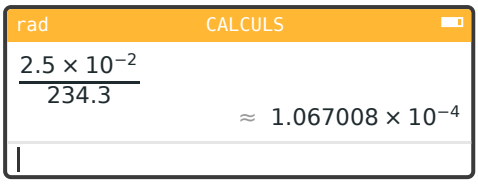
Masse de lidocaïne contenue : $m(\text{L}) = \dfrac{2{,}5}{100}\times m_c = 2{,}5\times10^{-2}$ g.

Quantité de matière : $n(\text{L}) = \dfrac{m(\text{L})}{M(\text{L})} = \dfrac{2{,}5\times10^{-2}}{234{,}3} = 1{,}1\times10^{-4}$ mol

$n(\text{L}) = 1{,}1\times10^{-4}$ mol dans $1\ \text{cm}^3$ de crème : c'est la valeur annoncée.

PIÈGE
Appliquer le pourcentage au volume. Le 2,5 % est un pourcentage en masse : il faut d'abord passer par la masse de crème grâce à la masse volumique.

À LA CALCULATRICE



3.2 Montrer qu'une épaisseur de 0,1 mm de crème sur une zone de 1 cm² de peau est suffisante pour anesthésier cette zone.

Données utiles $1{,}1 \times 10^{-4}$ mol de lidocaïne par cm^3 de crème (3.1) ; quantité suffisante : 10^{-7} mol par cm^2 de peau

Volume de crème déposé, avec $e = 0{,}1\ \text{mm} = 0{,}01$ cm : $V = S \times e = 1 \times 0{,}01 = 0{,}01\ \text{cm}^3$.

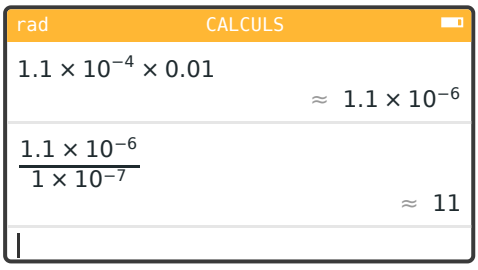
Quantité de lidocaïne apportée : $n = 1{,}1 \times 10^{-4} \times 0{,}01 = 1{,}1 \times 10^{-6}$ mol sur $1\ \text{cm}^2$ de peau.

$1{,}1 \times 10^{-6}\ \text{mol} > 10^{-7}\ \text{mol}$: la quantité apportée est environ 11 fois la quantité nécessaire, l'épaisseur de 0,1 mm suffit.

PIÈGE
Multiplier des centimètres carrés par des millimètres. L'épaisseur doit être convertie en centimètres pour obtenir un volume en cm^3.

COMPRENDRE
L'épaisseur habituelle de 1 mm apporte donc une centaine de fois la quantité utile : seule une petite partie de la lidocaïne a besoin de traverser la peau.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Hydratation lors d'un marathon

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

1 Déterminer le volume maximal de boisson isotonique que la marathonienne peut ingérer le jour du marathon pour suivre les recommandations de l'OMS sur les « sucres libres ».

Données utiles besoins énergétiques le jour du marathon : $E = 19 \times 10^3$ kJ ; sucres libres : 68,5 kJ pour 100 mL de boisson ; limite de l'OMS : 10 % des besoins

Énergie maximale que peuvent apporter les sucres libres :

$$E_{max} = \frac{10}{100} \times E = 0{,}10 \times 19 \times 10^3 = 1{,}9 \times 10^3 \text{ kJ}$$

Avec 68,5 kJ dans 100 mL, la boisson fournit $e = 685 \text{ kJ} \cdot \text{L}^{-1}$.

$$V_{max} = \frac{E_{max}}{e} = \frac{1{,}9 \times 10^3}{685} = 2{,}8 \text{ L}$$

$$\boxed{V_{max} = 2{,}8 \text{ L}}$$

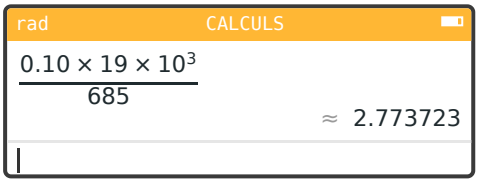
PIÈGE

Diviser par 68,5 sans voir que cette énergie correspond à 100 mL : on obtient alors un nombre de portions de 100 mL (28), pas un volume en litres.

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise (19×10^3 kJ). On garde la valeur non arrondie en mémoire pour la suite.

À LA CALCULATRICE



2 Calculer la concentration molaire en bleu brillant de la solution S_5. Problème : la marathonienne compense toute sa perte en eau avec cette seule boisson ; déterminer si elle respecte les recommandations sur les « sucres libres » et sur le bleu brillant.

Données utiles $C_0 = 0{,}100\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_5 = 8{,}0$ mL ; $V = 100{,}0$ mL ; tableau des absorbances ; $A_{boisson} = 0{,}789$; $M = 793\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; DJA : 12,5 mg par kg ; perte en eau : 1,5 à 2,5 L par heure pendant 4 h ; V_{max} (Q1)

Question 2. Lors d'une dilution, la quantité de soluté se conserve : $C_0 \times V_5 = C_5 \times V$.

$$C_5 = \frac{C_0 \times V_5}{V} = \frac{0{,}100 \times 8{,}0}{100{,}0} = 8{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\boxed{C_5 = 8{,}0 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

Problème.

Volume de boisson bu. En 4 h, la perte en eau est comprise entre $4 \times 1{,}5 = 6{,}0$ L et $4 \times 2{,}5 = 10$ L. Pour la compenser : $6{,}0\ \text{L} \leqslant V_{bu} \leqslant 10\ \text{L}$.

Sucres libres. Même dans le cas le plus favorable, $V_{bu} = 6{,}0\ \text{L} > V_{max} = 2{,}8\ \text{L}$. L'apport vaut entre $6{,}0 \times 685 = 4{,}1 \times 10^3$ kJ et $10 \times 685 = 6{,}9 \times 10^3$ kJ, soit 22 % à 36 % des besoins : la limite de 10 % est dépassée.

Bleu brillant : concentration dans la boisson. Comme en question 2, $C_i = \dfrac{C_0 \times V_i}{V}$:

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
C_i ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0	10,0
A	0,134	0,259	0,434	0,745	1,150	1,402
A/C_i ($\text{L} \cdot \mu\text{mol}^{-1}$)	0,134	0,130	0,145	0,149	0,144	0,140

Le rapport A/C_i est à peu près constant : l'absorbance est proportionnelle à la concentration (loi de Beer-Lambert), $A = k \times C$ avec, en moyenne, $k = 0{,}140\ \text{L} \cdot \mu\text{mol}^{-1} = 1{,}40 \times 10^5\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$C = \frac{A_{boisson}}{k} = \frac{0{,}789}{1{,}40 \times 10^5} = 5{,}6 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentration massique : $t = C \times M = 5{,}6 \times 10^{-6} \times 793 = 4{,}5 \times 10^{-3}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, soit 4,5 mg par litre.

Bleu brillant : masse ingérée. Dans le cas le plus défavorable ($V_{bu} = 10$ L) : $m = t \times V_{bu} = 4{,}5 \times 10 = 45$ mg.

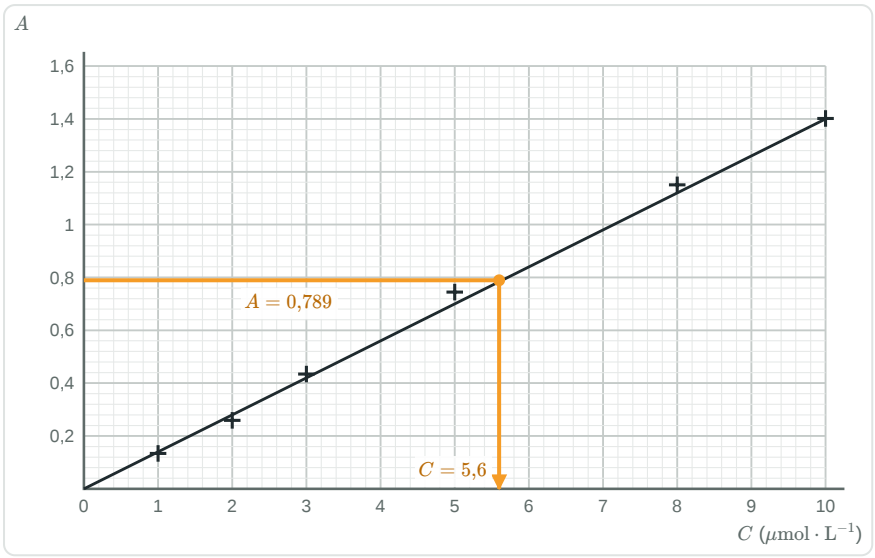
Dose admissible. La masse de la coureuse n'est pas donnée : on l'estime à 60 kg. $m_{DJA} = 12{,}5 \times 60 = 750$ mg. Ainsi $m \ll m_{DJA}$.

La recommandation sur les sucres libres n'est pas respectée (6,0 à 10 L bus pour 2,8 L au maximum) ; celle sur le bleu brillant l'est largement (45 mg au plus pour 750 mg admissibles).

COMPRENDRE
La conclusion ne dépend pas de la masse choisie : 45 mg n'atteindraient la DJA que pour une personne de 3,6 kg. Une donnée manquante s'estime, puis on vérifie que le résultat y est peu sensible.

COMPRENDRE
Dilution, loi de Beer-Lambert et dosage par étalonnage restent au programme actuel. Seule la forme de l'exercice, une résolution de problème réservée à l'enseignement de spécialité de l'ancien bac S, a disparu.

MÉTHODE
Dosage par étalonnage : calculer les concentrations des solutions étalons, vérifier la proportionnalité entre A et C (rapport constant ou droite passant par l'origine), puis en déduire la concentration inconnue, qui doit se situer dans la gamme étalon.



2 · Droite d'étalonnage et lecture de la concentration de la boisson

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.100 \times 8.0}{100.0} \approx 0.008$

$\frac{6.0 \times 685}{19 \times 10^3} \approx 0.2163158$

$\frac{10 \times 685}{19 \times 10^3} \approx 0.3605263$

$\frac{0.134 + 0.1295 + \frac{0.434}{3} + 0.149 + \frac{1.150}{8} + 0.1402}{6} \approx 0.1401861$

$\frac{0.789}{1.40 \times 10^5} \approx 5.635714 \times 10^{-6}$

$5.6 \times 10^{-6} \times 793 \approx 0.0044408$

$12.5 \times 60 \approx 750$