Corrigé complet — Bac S 2017 Antilles-Guyane (ancien programme)

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

Ex 1	**Le très grand télescope** Diffraction · Pouvoir de résolution · Oxydoréduction · Bilan de matière · Dilution · Niveaux d'énergie et photon	9 pts	1 h 30	14 questions	p. 2
Ex 2	**Mécanique avec le professeur Walter H.G.Lewin** Pendule simple · Inventaire des forces · Énergie mécanique et conservation · Période et incertitude de mesure · Analyse dimensionnelle	6 pts	1 h	12 questions	p. 8
Ex 3	**à la recherche de la vie dans l'espace** Formules topologiques et groupes caractéristiques · Spectroscopie infrarouge · Mécanisme réactionnel · Chiralité et représentation de Cram · Titrage conductimétrique	5 pts	50 min	9 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : Entretien d'une piscine** Titrage par complexation · Équivalence d'un titrage · Titre hydrotimétrique · Lecture d'un abaque · Échelle et volume · Résolution de problème	5 pts	50 min	1 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.

Le très grand télescope

Bac S 2017 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

1.1 Décrire le phénomène de diffraction. Dans quelle condition ce phénomène est-il observable ?

La diffraction est l'étalement d'une onde, qui change de direction de propagation, lorsqu'elle traverse une ouverture ou rencontre un obstacle. Sa longueur d'onde et sa fréquence ne sont pas modifiées.

Le phénomène est d'autant plus marqué que le rapport $\frac{\lambda}{a}$ est grand, a étant la dimension de l'ouverture.

La diffraction s'observe quand la dimension a de l'ouverture n'est pas trop grande devant la longueur d'onde λ.

COMPRENDRE
Pour la lumière, la diffraction reste visible avec une ouverture bien plus grande que λ : ici $a = 0{,}2$ mm, soit plusieurs centaines de fois une longueur d'onde du visible.

1.2 Quel caractère de la lumière est mis en évidence par l'apparition d'une figure de diffraction ?

La diffraction est une propriété caractéristique des ondes.

La figure de diffraction met en évidence le caractère **ondulatoire** de la lumière.

1.3 À partir du document 1, déterminer le diamètre d_{Airy} de la tache pour chaque ouverture. Comment évolue-t-il quand l'ouverture augmente ?

Données utiles document 1 : intensité lumineuse en fonction de x pour $a = 0{,}2$ mm et $a = 0{,}4$ mm

Le diamètre de la tache centrale est la distance entre les deux premières annulations de l'intensité, de part et d'autre du maximum.

Pour $a = 0{,}2$ mm : l'intensité s'annule en $x \approx -0{,}013$ m et $x \approx +0{,}013$ m, donc $d_{\text{Airy}} \approx 0{,}026$ m.

Pour $a = 0{,}4$ mm : l'intensité s'annule en $x \approx -0{,}006$ m et $x \approx +0{,}006$ m, donc $d_{\text{Airy}} \approx 0{,}012$ m.

$d_{\text{Airy}} \approx 2{,}6$ cm pour $a = 0{,}2$ mm et $d_{\text{Airy}} \approx 1{,}2$ cm pour $a = 0{,}4$ mm : plus l'ouverture est grande, plus la tache est étroite.

COMPRENDRE
L'ouverture double et la tache est environ deux fois plus étroite : d_{Airy} est inversement proportionnel à a, comme l'angle θ_{min} de la suite.

MÉTHODE
Lecture précise : mesurer à la règle la longueur de la double flèche et celle de tout l'axe ($0{,}060$ m), puis faire une proportion. La lecture ne donne que deux chiffres significatifs.

1.4 Deux objets sont placés sur la Lune à la distance d l'un de l'autre. Déterminer la valeur minimale de d pour qu'ils soient séparés par un télescope terrestre de diamètre 4,0 m, puis par un télescope du VLT.

Données utiles $\theta_{\min} = 1{,}22\,\dfrac{\lambda}{a}$; $D_{T\text{-}L} = 3{,}8 \times 10^8$ m ; $\lambda = 560$ nm ; VLT : $a = 8{,}2$ m

Depuis la Terre, les deux objets sont vus sous l'angle θ tel que $\tan\theta = \dfrac{d}{D_{T\text{-}L}}$, soit $\theta \approx \dfrac{d}{D_{T\text{-}L}}$ (angle petit, en radian).

Ils sont séparés si $\theta \geqslant \theta_{\min}$. À la limite : $\dfrac{d_{\min}}{D_{T\text{-}L}} = 1{,}22\,\dfrac{\lambda}{a}$, donc

$$d_{\min} = \frac{1{,}22\,\lambda\,D_{T\text{-}L}}{a}$$

On prend $\lambda = 560 \times 10^{-9}$ m, longueur d'onde du maximum de sensibilité de l'œil.

Télescope de 4,0 m : $d_{\min} = \dfrac{1{,}22 \times 560 \times 10^{-9} \times 3{,}8 \times 10^8}{4{,}0} = 65$ m

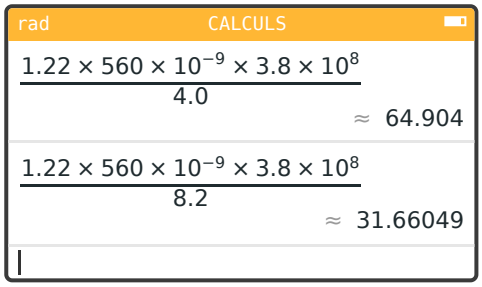
Télescope du VLT : $d_{\min} = \dfrac{1{,}22 \times 560 \times 10^{-9} \times 3{,}8 \times 10^8}{8{,}2} = 32$ m

$d_{\min} = 65$ m avec le télescope de 4,0 m ; $d_{\min} = 32$ m avec un télescope du VLT.

PIÈGE
Laisser λ en nanomètres, ou prendre pour a les 0,2 mm de l'expérience : ici a est le diamètre du miroir, en mètres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $D_{T\text{-}L}$ et les diamètres. La relation $\theta_{\min} = 1{,}22\,\lambda/a$ est fournie par le sujet : elle n'est pas à connaître.

À LA CALCULATRICE



1.5 Au vu des résultats obtenus, justifier les choix des scientifiques en termes de matériel et d'implantation.

Matériel : avec un miroir de 8,2 m, on sépare des détails de 32 m sur la Lune, contre 65 m avec un miroir de 4,0 m. Plus le diamètre est grand, plus $\theta_{\min}$ est petit : la diffraction limite moins la finesse de l'image et le pouvoir de résolution est meilleur.

Implantation : l'image est aussi dégradée par les fluctuations de l'atmosphère. À 2 635 m d'altitude, dans un désert, la couche d'air traversée est plus mince, sèche et stable.

Un grand diamètre réduit l'effet de la diffraction ; un site d'altitude en plein désert réduit l'effet des fluctuations atmosphériques.

2.1.1 À partir des demi-équations électroniques des couples, retrouver l'équation de la réaction entre l'aluminium et les ions oxonium.

Données utiles couples $H_3O^+(aq)$ / $H_2(g)$ et $Al^{3+}(aq)$ / $Al(s)$

Oxydation de l'aluminium : $Al(s) = Al^{3+}(aq) + 3\,e^-$ $\quad(\times 2)$

Réduction des ions oxonium : $2\,H_3O^+(aq) + 2\,e^- = H_2(g) + 2\,H_2O(l)$ $\quad(\times 3)$

Les 6 électrons cédés par l'aluminium sont tous captés par les ions oxonium ; on additionne membre à membre :

$$2\,Al(s) + 6\,H_3O^+(aq) \longrightarrow 2\,Al^{3+}(aq) + 3\,H_2(g) + 6\,H_2O(l)$$

PIÈGE
Laisser des électrons dans l'équation finale : il faut multiplier les demi-équations pour échanger le même nombre d'électrons, ici 6.

MÉTHODE
Pour le couple H_3O^+ / H_2 : équilibrer H et O avec H_2O, puis les charges avec des électrons. Vérifier à la fin les charges de l'équation : $6+$ de chaque côté.

2.1.2 De quel type de réaction s'agit-il ? Quel est le rôle de l'aluminium et celui des ions oxonium ? Justifier.

Des électrons sont transférés de l'aluminium vers les ions oxonium : c'est une réaction d'oxydoréduction.

L'aluminium Al cède des électrons : c'est le réducteur, il est oxydé en $\mathrm{Al^{3+}}$.

L'ion oxonium $\mathrm{H_3O^+}$ capte des électrons : c'est l'oxydant, il est réduit en $\mathrm{H_2}$.

Réaction d'oxydoréduction : Al est le réducteur, $\mathrm{H_3O^+}$ est l'oxydant.

PIÈGE
Confondre les mots : l'oxydant est l'espèce qui capte les électrons, et c'est elle qui subit la réduction.

2.1.3 Quel est le volume d'aluminium V_{Al} déposé sur le miroir ? Vérifier que la quantité de matière d'aluminium vaut $n_{\mathrm{Al}} = 0{,}40$ mol.

Données utiles $S = 50\ \mathrm{m^2}$; épaisseur $e = 80$ nm ; $\rho_{\mathrm{Al}} = 2{,}7 \times 10^6\ \mathrm{g \cdot m^{-3}}$; $M(\mathrm{Al}) = 27\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

La couche est assimilée à un pavé de surface S et d'épaisseur e :

$V_{\mathrm{Al}} = S \times e = 50 \times 80 \times 10^{-9} = 4{,}0 \times 10^{-6}\ \mathrm{m^3}$

Masse d'aluminium : $m_{\mathrm{Al}} = \rho_{\mathrm{Al}} \times V_{\mathrm{Al}}$, donc

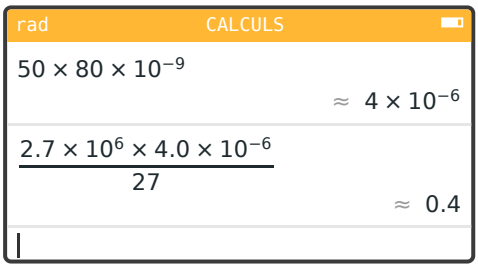
$$n_{\mathrm{Al}} = \frac{m_{\mathrm{Al}}}{M(\mathrm{Al})} = \frac{\rho_{\mathrm{Al}} \times V_{\mathrm{Al}}}{M(\mathrm{Al})} = \frac{2{,}7 \times 10^6 \times 4{,}0 \times 10^{-6}}{27}$$

$V_{\mathrm{Al}} = 4{,}0 \times 10^{-6}\ \mathrm{m^3}$ et $n_{\mathrm{Al}} = 0{,}40$ mol, valeur attendue.

PIÈGE
Oublier de convertir l'épaisseur : $80\ \mathrm{nm} = 80 \times 10^{-9}$ m. La masse volumique est donnée en $\mathrm{g \cdot m^{-3}}$, le volume doit rester en $\mathrm{m^3}$.

COMPRENDRE
$4{,}0 \times 10^{-6}\ \mathrm{m^3}$, c'est 4,0 mL : à peine 11 g d'aluminium suffisent pour couvrir les $50\ \mathrm{m^2}$ du miroir.

À LA CALCULATRICE



2.1.4 Déterminer la quantité de matière d'ions oxonium nécessaire à l'élimination de la couche d'aluminium.

Données utiles $n_{\mathrm{Al}} = 0{,}40$ mol (2.1.3)

D'après l'équation, 2 mol d'aluminium réagissent avec 6 mol d'ions oxonium :

$$\frac{n_{\mathrm{H_3O^+}}}{6} = \frac{n_{\mathrm{Al}}}{2} \quad \text{donc} \quad n_{\mathrm{H_3O^+}} = 3\,n_{\mathrm{Al}} = 3 \times 0{,}40$$

$n_{\mathrm{H_3O^+}} = 1{,}2$ mol

PIÈGE
Inverser le rapport et diviser par 3 : il faut trois fois plus d'ions oxonium que d'atomes d'aluminium.

2.1.5 Montrer que la concentration molaire C_a de la solution d'acide chlorhydrique à 37 % est de l'ordre de $12\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Données utiles étiquette : pourcentage massique 37 % ; densité $d = 1{,}188$; $M = 36{,}46\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}0\times10^{3}\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

On raisonne sur un volume $V = 1{,}0$ L de solution.

Masse de la solution : $m_{\text{sol}} = d\times\rho_{\text{eau}}\times V = 1{,}188\times1{,}0\times10^{3}\times 1{,}0 = 1{,}188\times10^{3}$ g

Masse d'acide dissous : $m_a = 0{,}37\times m_{\text{sol}}$

Quantité de matière d'acide : $n_a = \dfrac{m_a}{M}$, d'où

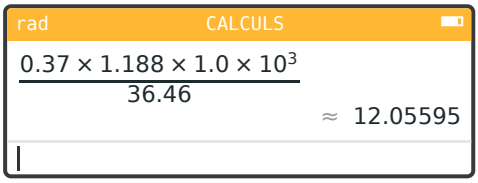
$$C_a = \frac{n_a}{V} = \frac{0{,}37\times d\times\rho_{\text{eau}}}{M} = \frac{0{,}37\times1{,}188\times1{,}0\times10^{3}}{36{,}46}$$

$C_a = 12{,}1\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, bien de l'ordre de $12\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

PIÈGE
Confondre la masse de la solution (1 188 g par litre) et la masse d'acide qu'elle contient (37 % seulement de cette masse).

MÉTHODE
Pourcentage massique vers concentration : prendre 1 L de solution, calculer sa masse avec la densité, en garder le pourcentage, puis diviser par la masse molaire.

À LA CALCULATRICE



2.1.6 Proposer un protocole pour préparer 1,00 L d'une solution S_1 cent fois moins concentrée que la solution d'acide chlorhydrique à 37 %.

Données utiles $V_1 = 1{,}00$ L ; facteur de dilution 100

La dilution conserve la quantité de matière d'acide : $C_a\times V_a = C_1\times V_1$ avec $C_1 = \dfrac{C_a}{100}$.

Volume à prélever : $V_a = \dfrac{V_1}{100} = \dfrac{1{,}00}{100} = 1{,}00\times10^{-2}\ \text{L} = 10{,}0\ \text{mL}$

Protocole, avec blouse, gants et lunettes, sous la hotte (acide concentré corrosif) :

- verser un peu de solution concentrée dans un bécher ;
- y prélever 10,0 mL avec une pipette jaugée de 10,0 mL munie d'un pipeteur ;
- les introduire dans une fiole jaugée de 1,00 L contenant déjà de l'eau distillée ;
- ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher, agiter ;
- ajuster le niveau au trait de jauge avec de l'eau distillée, boucher, homogénéiser.

On prélève $V_a = 10{,}0$ mL de solution concentrée (pipette jaugée) et on complète à 1,00 L dans une fiole jaugée.

PIÈGE
Citer une éprouvette ou un bécher gradué : une dilution précise demande de la verrerie jaugée, pipette pour le prélèvement et fiole pour le volume final.

COMPRENDRE
On verse l'acide concentré dans l'eau, jamais l'inverse : la dilution dégage de la chaleur et peut provoquer des projections.

2.1.7 Quel volume V_1 de la solution S_1 est nécessaire pour éliminer la couche d'aluminium ?

Données utiles $n_{H_3O^+} = 1{,}2$ mol (2.1.4) ; $C_a \approx 12\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (2.1.5)

Concentration de S_1 : $C_1 = \dfrac{C_a}{100} = \dfrac{12}{100} = 0{,}12\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

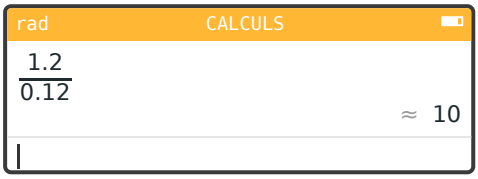
L'acide chlorhydrique apporte $n_{H_3O^+} = C_1 \times V_1$, donc

$$V_1 = \frac{n_{H_3O^+}}{C_1} = \frac{1{,}2}{0{,}12}$$

$V_1 = 10$ L

COMPRENDRE
C'est le volume minimal, celui des proportions stœchiométriques. Il reste très inférieur aux 3 000 L d'eau consommés par l'opération complète.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 L'énergie d'ionisation de l'atome d'argon est apportée par l'énergie cinétique de l'électron incident. Déterminer la vitesse de cet électron. Commenter l'ordre de grandeur obtenu.

Données utiles $E_i = 15{,}8$ eV ; $1\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J ; $m = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg

Pour ioniser l'atome, l'énergie cinétique de l'électron doit au moins valoir E_i. À la limite : $\dfrac{1}{2} m v^2 = E_i$, avec E_i en joule.

$$v = \sqrt{\frac{2\,E_i}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 15{,}8 \times 1{,}60 \times 10^{-19}}{9{,}11 \times 10^{-31}}}$$

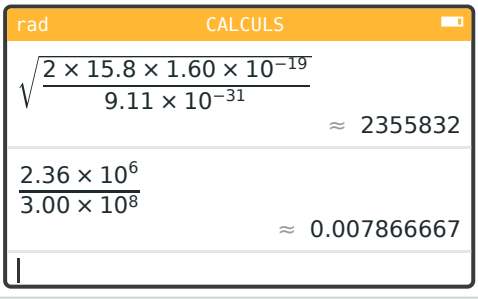
L'ordre de grandeur est $10^6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: c'est une vitesse très élevée, mais elle reste inférieure à 1 % de la célérité de la lumière ($c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$). L'expression classique de l'énergie cinétique est donc valable.

$v = 2{,}36 \times 10^6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (vitesse minimale), soit environ $0{,}8$ % de c.

PIÈGE
Laisser E_i en électronvolts : dans $\frac{1}{2}mv^2$, l'énergie est en joule, $E_i = 15{,}8 \times 1{,}60 \times 10^{-19}$ J.

COMPRENDRE
Le commentaire attendu en 2017 comparait v à c (électron non relativiste si $v < 0{,}1\,c$). La relativité restreinte n'est plus au programme de spécialité ; la comparaison à c reste un bon réflexe.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 (Seconde question numérotée 2.2.1 dans le sujet.) Pour un transfert d'énergie de 11,6 eV, faire un schéma énergétique et indiquer par une flèche la transition. Quelle est la nature (IR, visible, UV) du rayonnement émis lors du retour à l'état fondamental ?

Données utiles $E_i = 15{,}8$ eV ; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s ; $1\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

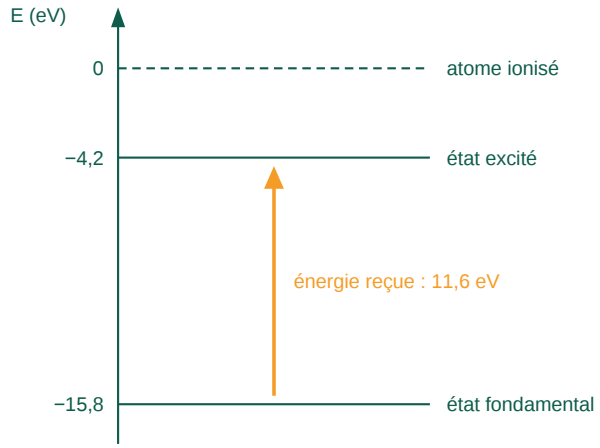
Le sujet numérote deux fois « 2.2.1 » : il s'agit ici de la question 2.2.2. La constante de Planck y est aussi mal imprimée : sa valeur est $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s.

En prenant l'énergie de l'atome ionisé comme origine, l'état fondamental est à $-15{,}8$ eV. L'atome qui reçoit 11,6 eV passe au niveau $-15{,}8 + 11{,}6 = -4{,}2$ eV (schéma ci-dessous, flèche vers le haut).

En revenant à l'état fondamental, l'atome émet un photon d'énergie $\Delta E = 11{,}6$ eV. Or $\Delta E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$, donc

$$\lambda = \frac{h\,c}{\Delta E} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{11{,}6 \times 1{,}60 \times 10^{-19}} = 1{,}07 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

$\lambda = 107$ nm, inférieure à 400 nm : le rayonnement émis appartient au domaine des **ultraviolets**.



2.2.1 · Schéma énergétique de l'atome d'argon : transition lors d'un transfert de 11,6 eV

PIÈGE
Placer le niveau excité à $-11{,}6$ eV : 11,6 eV est l'écart entre les deux niveaux, pas l'énergie du niveau atteint.

COMPRENDRE
Limites à connaître : visible de 400 nm à 800 nm, ultraviolet en dessous de 400 nm, infrarouge au-dessus de 800 nm. Grande énergie de photon, petite longueur d'onde.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{11.6 \times 1.60 \times 10^{-19}} \approx 1.071659 \times 10^{-7}$$

Mécanique avec le professeur Walter H.G.Lewin

Bac S 2017 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1 Compléter le schéma de l'annexe avec les mesures connues au moment du lâcher, puis calculer l'altitude initiale du centre G de la boule, l'origine étant le point O.

Données utiles $L = 5{,}21$ m ; angle initial $\theta = 41^\circ$

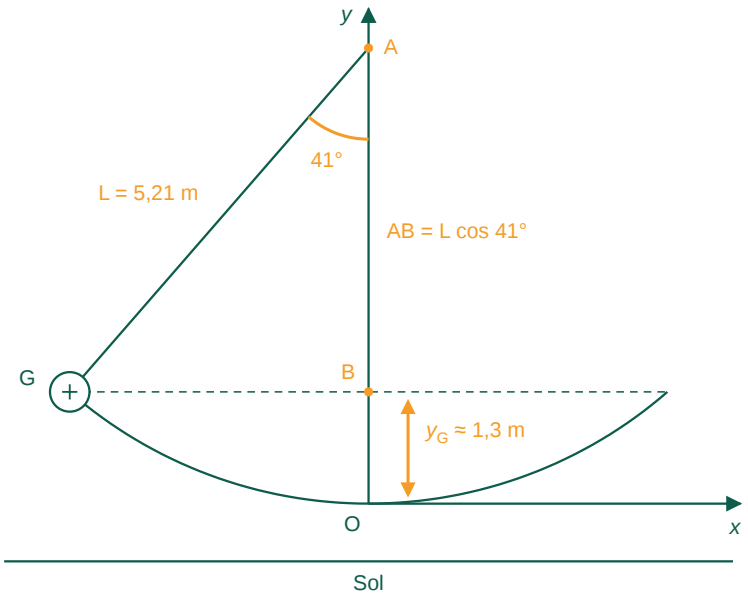
Sur le schéma, on reporte la longueur $L = 5{,}21$ m le long du câble et l'angle de 41° entre le câble et la verticale.

On note A le point d'attache au plafond et B le projeté de G sur l'axe (Oy). Dans le triangle ABG, rectangle en B : $\cos\theta = \dfrac{AB}{AG} = \dfrac{AB}{L}$, donc $AB = L\cos\theta$.

Quand le pendule est vertical, G est en O : $AO = L$. D'où

$$y_G = AO - AB = L\,(1 - \cos\theta) = 5{,}21 \times (1 - \cos 41^\circ) = 1{,}28 \text{ m}$$

$y_G \approx 1{,}3$ m

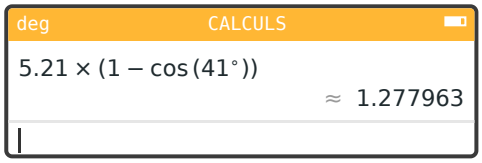


1.1 · Annexe complétée : mesures connues au moment du lâcher (schéma pas à l'échelle)

PIÈGE
Écrire $y_G = L\cos\theta$: c'est la distance AB, mesurée depuis le plafond, et non l'altitude au-dessus de O. Vérifier aussi que la calculatrice est en degrés.

COMPRENDRE
L'angle 41° n'a que deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit $1{,}3$ m. On garde $1{,}28$ m dans les calculs suivants pour ne pas cumuler les arrondis.

À LA CALCULATRICE



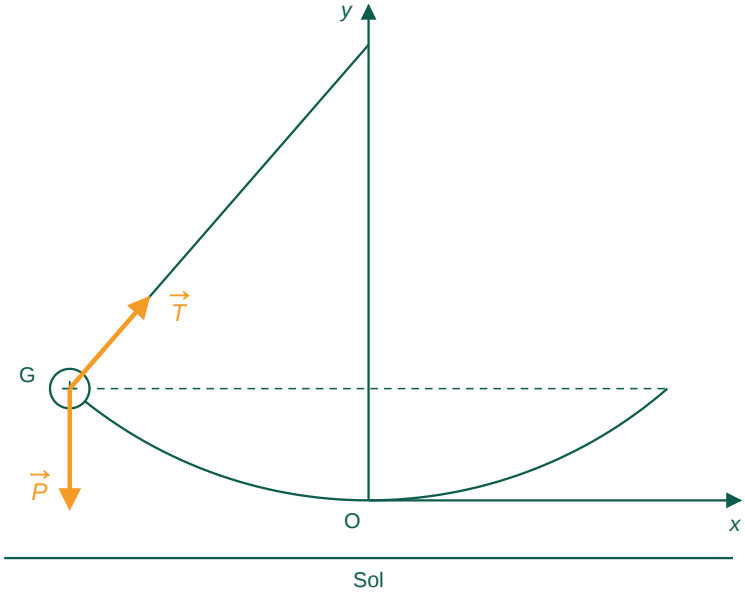
1.2 Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la boule et les représenter sur le schéma de l'annexe, les forces exercées par l'air étant négligées.

Système : {boule} ; référentiel terrestre supposé galiléen.

- le poids $\vec{P}$: vertical, vers le bas, appliqué en G, de valeur $P = m\,g$;
- la tension du câble $\vec{T}$: dirigée le long du câble, de G vers le point d'attache.

Deux forces s'exercent sur la boule : son poids $\vec{P}$ et la tension $\vec{T}$ du câble.

PIÈGE
Ajouter une « force du lâcher » ou une force dans le sens du mouvement : une fois lâchée, la boule n'est en contact qu'avec le câble (et l'air, négligé ici).



1.2 · Annexe complétée : forces exercées sur la boule, sans souci d'échelle

1.3 L'énergie potentielle de la boule étant nulle au point O, montrer que l'énergie mécanique initiale de la boule vaut $1{,}9 \times 10^2$ J.

Données utiles $m = 15$ kg ; $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $y_G = 1{,}28$ m (1.1)

$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2} m v^2 + m g y$, avec l'axe (Oy) vers le haut et $E_{pp} = 0$ en O.

La boule est lâchée sans vitesse initiale : $E_c = 0$, donc

$$E_m = m g y_G = 15 \times 9{,}81 \times 1{,}28 = 188 \text{ J}$$

$E_m \approx 1{,}9 \times 10^2$ J : on retrouve la valeur annoncée.

À LA CALCULATRICE

deg CALCULS

$15 \times 9.81 \times 5.21 \times (1 - \cos(41°))$

$\approx$ 188.0523

1.4 Quelle est la position du centre G de la boule lorsque sa vitesse est maximale ?

Le poids est une force conservative et la tension, toujours perpendiculaire à la trajectoire, ne travaille pas. Sans frottement, l'énergie mécanique se conserve.

L'énergie cinétique est donc maximale quand l'énergie potentielle de pesanteur est minimale, c'est-à-dire quand l'altitude de G est la plus faible.

La vitesse est maximale quand G passe au point O (câble vertical).

1.5 Calculer la vitesse maximale atteinte par la boule, en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, au cours de cet aller-retour sans frottements.

Données utiles $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $y_G = 1{,}28$ m (1.1)

Conservation de l'énergie mécanique entre le lâcher et le passage en O, où $E_{pp} = 0$:

$$m g y_G = \frac{1}{2} m v_{max}^2 \quad \text{donc} \quad v_{max} = \sqrt{2 g y_G}$$

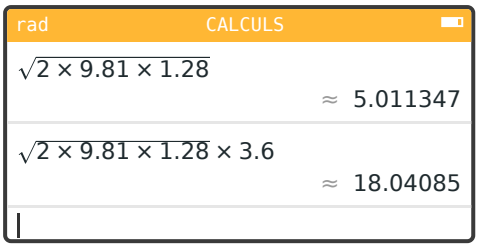
$v_{max} = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 1{,}28} = 5{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit $5{,}0 \times 3{,}6 = 18\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

$v_{max} \approx 18\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$

MÉTHODE

Pour passer des $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ aux $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, on multiplie par $3{,}6$. La masse se simplifie : la vitesse en bas ne dépend que de la hauteur de chute.

À LA CALCULATRICE



1.6 En quoi la photographie du document 1 contredit-elle l'hypothèse formulée à la question 1.2 ?

Si l'air n'exerçait aucune force, l'énergie mécanique serait conservée et la boule reviendrait exactement à sa position de départ, avec une vitesse nulle.

Sur la photographie, après un aller-retour, la boule s'immobilise un peu en retrait du cercle en pointillés : elle remonte moins haut qu'au départ. Son énergie mécanique a donc diminué.

Les frottements de l'air ne sont pas rigoureusement négligeables : ils dissipent une partie de l'énergie mécanique.

2.1.1 À partir des résultats inscrits au tableau, donner un encadrement de la valeur de la période de ce pendule simple.

Données utiles $10\,T = 45{,}8 \pm 0{,}2$ s

$45{,}6 \text{ s} \leqslant 10\,T \leqslant 46{,}0 \text{ s}$. En divisant par 10 :

$4{,}56 \text{ s} \leqslant T \leqslant 4{,}60 \text{ s}$, soit $T = 4{,}58 \pm 0{,}02$ s

PIÈGE
Diviser la durée par 10 sans diviser l'incertitude : écrire $T = 4{,}58 \pm 0{,}2$ s est faux.

2.1.2 Commenter la méthode de mesure utilisée par le professeur.

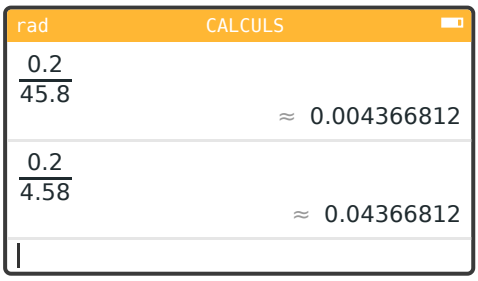
Le professeur chronomètre dix périodes au lieu d'une seule. L'incertitude de $0{,}2$ s, due surtout au déclenchement manuel, porte sur la durée totale : celle sur T est dix fois plus petite, $0{,}02$ s.

Incertitude relative : $\dfrac{0{,}2}{45{,}8} \approx 0{,}4\,\%$, contre $\dfrac{0{,}2}{4{,}58} \approx 4\,\%$ pour une seule période chronométrée.

Mesurer $10\,T$ divise par 10 l'incertitude sur la période : la méthode est judicieuse.

COMPRENDRE
Le chronomètre affiche $45{,}81$ s, mais le centième n'a pas de sens avec une incertitude de $0{,}2$ s : le professeur écrit $45{,}8$ s.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 Identifier, parmi les courbes 1 et 2 du document 2, celle qui représente $x(t)$ et celle qui représente $y(t)$, en commentant leur allure.

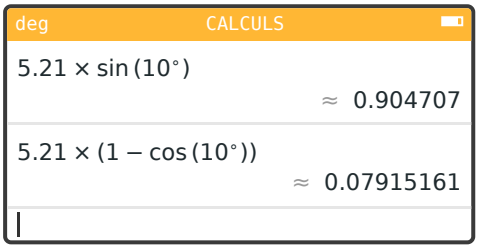
Le pendule oscille de part et d'autre de la verticale : l'abscisse x de G prend alternativement des valeurs négatives et positives, symétriques par rapport à 0. C'est le cas de la courbe 2, qui part d'une valeur négative comme sur le schéma de l'annexe.

L'altitude y n'est jamais négative : elle est nulle au passage par O et maximale aux deux extrémités, donc deux fois par oscillation. C'est le cas de la courbe 1, dont la période est moitié de celle de la courbe 2.

Courbe 2 (trait fin) : $x(t)$; courbe 1 (trait épais) : $y(t)$.

COMPRENDRE
L'amplitude de la courbe 2 est cohérente : $L\sin 10^\circ \approx 0{,}90$ m. En revanche $L(1-\cos 10^\circ) \approx 0{,}08$ m : la courbe 1 semble dilatée d'un facteur 10 pour être lisible. Cela ne change pas l'identification.

À LA CALCULATRICE



2.2.2 Déterminer la valeur de la période du pendule constitué du câble, de la boule et du professeur.

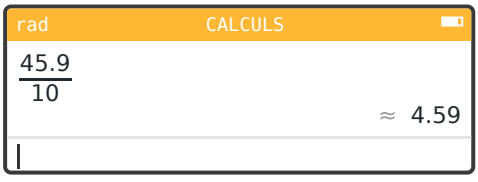
On lit la période sur la courbe 2, $x(t)$. Pour limiter l'erreur de lecture, on repère plusieurs périodes : entre le minimum à $t = 0$ et le dixième minimum suivant, à $t \approx 45{,}9$ s, il s'écoule 10 périodes.

$$T = \frac{45{,}9}{10} = 4{,}59 \text{ s}$$

$T \approx 4{,}6$ s

PIÈGE
Lire la période sur la courbe 1 : $y(t)$ se répète deux fois par oscillation et donnerait 2,3 s, la moitié de la période du pendule.

À LA CALCULATRICE



2.2.3 Par analyse dimensionnelle, vérifier l'homogénéité de l'expression $T = k\sqrt{\frac{L}{g}}$, où k est une grandeur sans dimension.

L est une longueur, en m ; g est une accélération, en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

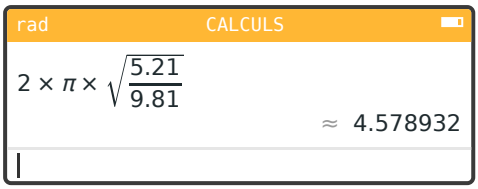
$\frac{L}{g}$ s'exprime donc en $\frac{\text{m}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-2}} = \text{s}^2$, et $\sqrt{\frac{L}{g}}$ en s.

Comme k est sans dimension, $k\sqrt{\frac{L}{g}}$ a la dimension d'un temps, comme la période T.

L'expression $T = k\sqrt{\frac{L}{g}}$ est homogène.

COMPRENDRE
Cette expression n'est plus exigible dans le programme actuel de spécialité, mais la vérification d'homogénéité reste un réflexe utile. Avec $k = 2\pi$, elle donne 4,58 s.

À LA CALCULATRICE



2.2.4 Expliquer ce que le professeur a voulu démontrer dans cette expérience. Le résultat obtenu est-il concluant ?

Données utiles $4{,}56\text{ s} \leqslant T \leqslant 4{,}60\text{ s}$ (2.1.1) ; $T \approx 4{,}6$ s avec le professeur (2.2.2)

En s'asseyant sur la boule, le professeur augmente fortement la masse du pendule. Il s'allonge pour que le centre de masse de l'ensemble reste à la distance L du plafond, et il garde le même angle de 10° : seule la masse change.

La période mesurée avec le professeur, $4{,}6$ s, est compatible avec l'encadrement obtenu pour la boule seule.

Il montre que la période d'un pendule simple ne dépend pas de sa masse ; le résultat est concluant, à la précision des mesures près.

COMPRENDRE

C'est cohérent avec l'expression de la question 2.2.3 : la masse m n'y figure pas, seuls L et g interviennent.

à la recherche de la vie dans l'espace

Bac S 2017 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

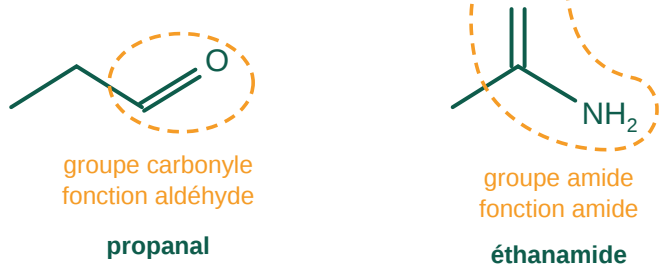
1.1 Présenter les formules topologiques du propanal et de l'éthanamide, y identifier les groupes caractéristiques et nommer les fonctions associées.

Propanal : chaîne de trois atomes de carbone, terminée par un groupe carbonyle $C{=}O$ situé en bout de chaîne. La fonction associée est la fonction **aldéhyde**.

Éthanamide : chaîne de deux atomes de carbone ; le carbone du $C{=}O$ est lié à un atome d'azote. C'est le groupe amide, associé à la fonction **amide**.

Propanal : groupe carbonyle, fonction aldéhyde. Éthanamide : groupe amide, fonction amide.

PIÈGE
En formule topologique, on n'écrit ni les atomes de carbone ni les hydrogènes qu'ils portent. Les hydrogènes liés à l'azote, eux, restent écrits : NH_2.



1.1 · Formules topologiques, groupes caractéristiques entourés

1.2 Associer, en le justifiant, chacun des deux spectres IR à l'une des deux molécules précédentes.

Données utiles $N{-}H$ amide : 3100–$3500\ cm^{-1}$, forte ; $C{-}H$: 2800–$3300\ cm^{-1}$; $C{=}O$ amide : 1650–$1740\ cm^{-1}$; $C{=}O$ aldéhyde : 1650–$1730\ cm^{-1}$

Spectre n°1 : une bande double et intense apparaît entre 3100 et $3500\ cm^{-1}$. Elle correspond aux liaisons $N{-}H$ d'un amide.

Spectre n°2 : aucune bande intense au-delà de $3100\ cm^{-1}$; on n'y voit que les bandes $C{-}H$ (un peu en dessous de $3000\ cm^{-1}$) et la bande $C{=}O$.

Des deux molécules, seul l'éthanamide possède des liaisons $N{-}H$.

Spectre n°1 : éthanamide. Spectre n°2 : propanal.

PIÈGE
La bande intense $C{=}O$, vers $1700\ cm^{-1}$, existe sur les deux spectres et les intervalles de la table se recouvrent : elle ne permet pas de trancher. L'argument attendu est la bande $N{-}H$.

MÉTHODE
Chercher d'abord ce qui distingue les deux molécules (ici les liaisons $N{-}H$), puis vérifier la présence ou l'absence de la bande correspondante sur chaque spectre.

1.3.1 Identifier, en justifiant, le site donneur et le site accepteur de doublet d'électrons mis en jeu lors de l'étape 1 du mécanisme.

Données utiles $\chi(\mathrm{O}) > \chi(\mathrm{N}) > \chi(\mathrm{C})$

L'atome d'azote de l'ammoniac porte un doublet non liant : riche en électrons, il constitue le site donneur.

L'oxygène est plus électronégatif que le carbone : la liaison $\mathrm{C{=}O}$ est polarisée et le carbone porte une charge partielle positive δ^+. Pauvre en électrons, ce carbone est le site accepteur.

Site donneur : l'atome N de $\mathrm{NH_3}$. Site accepteur : l'atome C du groupe carbonyle.

MÉTHODE
Site donneur : doublet non liant, liaison multiple ou charge négative. Site accepteur : atome lié à un voisin plus électronégatif, ou porteur d'une charge positive.

1.3.2 Compléter sur l'annexe le mécanisme de l'étape 1 à l'aide de flèches courbes.

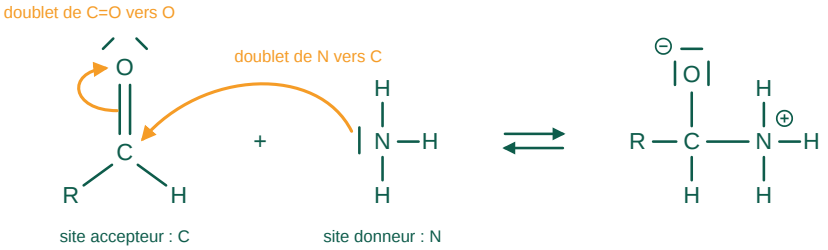
Première flèche : elle part du doublet non liant de l'azote et pointe vers l'atome de carbone. Elle traduit la formation de la liaison $\mathrm{C{-}N}$.

Seconde flèche : elle part de la double liaison $\mathrm{C{=}O}$ et pointe vers l'atome d'oxygène. L'un des deux doublets liants devient non liant sur l'oxygène, qui porte alors la charge négative.

Deux flèches courbes : du doublet de N vers C, et de la double liaison $\mathrm{C{=}O}$ vers O.

PIÈGE
Une flèche courbe part d'un doublet (non liant ou liant), jamais d'un atome ni d'une charge. Oublier la seconde flèche laisserait cinq liaisons sur le carbone.

COMPRENDRE
Contrôle par les charges du produit : N a mis son doublet en commun, il devient $\mathrm{N^+}$; O a reçu un doublet, il devient $\mathrm{O^-}$. La charge totale reste nulle.



1.3.2 · Annexe complétée : flèches courbes de l'étape 1

1.3.3 Si l'acide aminé synthétisé est la glycine, peut-on obtenir un « mélange racémique » ?

Un mélange racémique contient, en quantités égales, les deux énantiomères d'une molécule chirale.

Dans la glycine $\mathrm{H_2N{-}CH_2{-}COOH}$, le carbone lié à l'azote porte deux atomes d'hydrogène identiques : il n'est pas asymétrique. La molécule ne possède aucun carbone asymétrique, elle n'est pas chirale et n'a donc pas d'énantiomère.

Non : la glycine n'est pas chirale, il ne peut pas exister de mélange racémique.

COMPRENDRE
Chiralité, carbone asymétrique, énantiomères, mélange racémique et représentation de Cram appartenaient au programme de Terminale S. Ces notions ne figurent plus au programme actuel de la spécialité.

1.3.4 Donner les représentations de Cram des molécules du mélange racémique d'acides aminés obtenu à partir du propanal.

Pour le propanal CH_3-CH_2-CHO, le groupe R est le groupe éthyle C_2H_5. L'acide aminé formé est donc $H_2N-CH(C_2H_5)-COOH$.

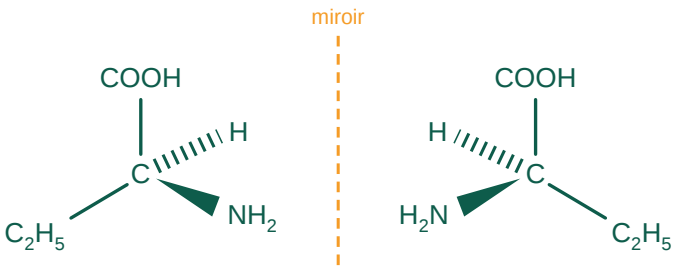
Le carbone qui porte le groupe NH_2 est lié à quatre groupes différents (H, NH_2, $COOH$ et C_2H_5) : il est asymétrique et la molécule est chirale.

Le mélange racémique contient ses deux énantiomères, images l'un de l'autre dans un miroir plan et non superposables.

Les deux énantiomères de $H_2N-CH(C_2H_5)-COOH$: voir les représentations de Cram ci-dessous.

PIÈGE
R n'est pas la chaîne entière du propanal : le carbone du groupe CHO devient le carbone asymétrique. R compte donc deux atomes de carbone, pas trois.

MÉTHODE
Cram : deux liaisons dans le plan (traits pleins), une vers l'avant (triangle plein), une vers l'arrière (hachures). L'autre énantiomère s'obtient par image dans un miroir, ou en échangeant deux groupes.



1.3.4 · Représentations de Cram des deux énantiomères

2.1 Identifier la courbe donnant la conductivité σ en fonction du volume V_B de titrant ajouté, puis expliquer qualitativement son allure.

Données utiles $\lambda(HO^-) > \lambda(Na^+) > \lambda(NH_2-CH_2-COO^-)$; $\lambda(NH_3^+-CH_2-COO^-) = 0$

La solution initiale ne contient que la glycine, de conductivité molaire ionique nulle : σ vaut zéro pour $V_B = 0$. Seule la courbe A part de l'origine : c'est $\sigma = g(V_B)$. La courbe B, qui débute vers 8, est celle du pH.

Avant l'équivalence : les ions HO^- versés sont consommés. Chaque ajout apporte des ions Na^+ et forme des ions $NH_2-CH_2-COO^-$, à la place d'une espèce qui ne conduit pas. La conductivité augmente lentement.

Après l'équivalence : la réaction n'a plus lieu. Les ions Na^+ et HO^- versés s'accumulent ; comme $\lambda(HO^-)$ est bien plus grande que $\lambda(NH_2-CH_2-COO^-)$, la conductivité augmente plus vite.

Courbe A : deux portions de droite croissantes, la seconde plus pentue ; la rupture de pente repère l'équivalence.

COMPRENDRE
Les portions sont rectilignes parce que les 100 mL d'eau ajoutés rendent négligeable la dilution due au titrant : le volume total varie peu au cours du titrage.

COMPRENDRE
Deux coquilles du sujet, sans effet ici : les λ réelles sont de l'ordre de $10^{-2}\ S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$, pas 10^2 ; sur l'axe de σ, la graduation placée entre 15 et 25 devrait indiquer 20.

2.2 Pourquoi la méthode de suivi pH-métrique n'est-elle pas exploitable ?

Sur la courbe B, le pH passe très progressivement d'environ 10,5 à 11,5 autour de l'équivalence : on n'observe pas de saut de pH net.

La méthode des tangentes parallèles, comme le repérage du maximum de la dérivée $\frac{\mathrm{d\,pH}}{\mathrm{d}V_B}$, ne donnerait donc pas le volume équivalent avec une précision suffisante.

Le saut de pH est trop peu marqué pour repérer précisément le volume équivalent.

COMPRENDRE
Le pH est déjà voisin de 10 avant l'équivalence et la solution titrante ne peut guère le porter au-delà de 12 : l'amplitude disponible pour un saut est faible.

2.3 Déterminer la concentration molaire C_S de la solution aqueuse de glycine en expliquant la démarche suivie.

Données utiles $V_0 = 25{,}0$ mL ; $C_B = 0{,}100\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; courbe A (Q2.1)

On trace les deux droites qui modélisent les portions rectilignes de la courbe A. L'abscisse de leur point d'intersection est le volume équivalent : $V_E = 12{,}0$ mL.

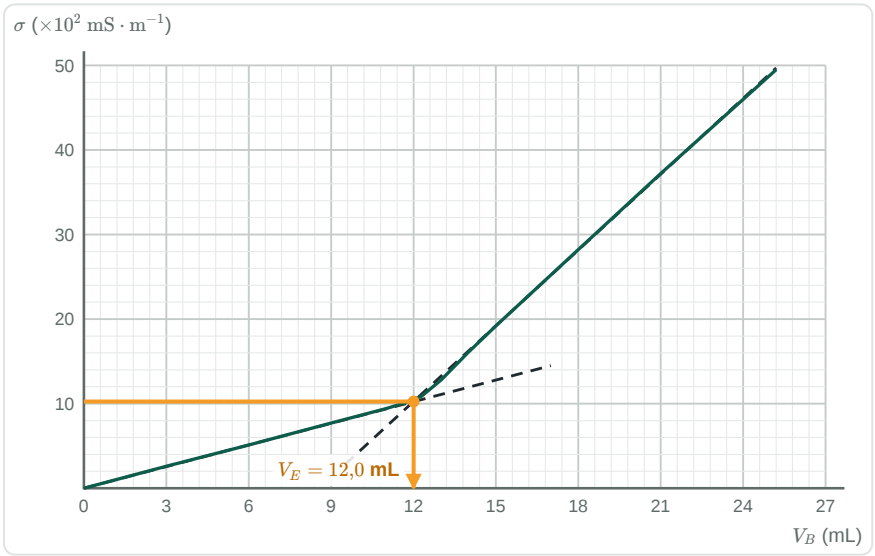
À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques, ici une mole pour une mole : $n(\mathrm{glycine})_{\mathrm{initial}} = n(\mathrm{HO^-})_{\mathrm{versé}}$, soit $C_S\,V_0 = C_B\,V_E$.

$$C_S = \frac{C_B\,V_E}{V_0} = \frac{0{,}100 \times 12{,}0}{25{,}0} = 4{,}80 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

$C_S = 4{,}80 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

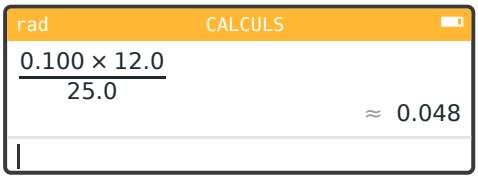
PIÈGE
Le volume à utiliser est $V_0 = 25{,}0$ mL, pas 125 mL : l'eau distillée ajoutée ne modifie pas la quantité de glycine à titrer.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_B, V_0 et V_E. Le dernier dépend du tracé : une lecture à 12,1 mL conduirait à $4{,}84 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$, tout aussi recevable.



2.3 · Courbe A du sujet : les deux droites se coupent à l'équivalence

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Entretien d'une piscine

Bac S 2017 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

P Rédiger le rapport du technicien : bilan des analyses de l'eau de la piscine (pH, TAC, TH), puis traitement quantitatif à conduire pour rendre l'eau adaptée à la baignade.

Données utiles bassin : longueur $L = 25$ m, profondeur d'eau $h = 2{,}5$ m, schéma à l'échelle 1/200 ; TAC $= 6{,}0$ °f ; pH $= 8{,}0$; titrage : $V_{\text{eau}} = 50$ mL, $C_{\text{EDTA}} = 2{,}0 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1}, $V_E = 5{,}0$ mL ; documents 2, 3 et 4

1. Bilan des analyses. Le pH mesuré vaut $8{,}0$ et le TAC vaut $6{,}0$ °f. Il reste à déterminer le TH à partir du titrage.

D'après le document 2, un ion Y^{4-} réagit avec un ion Ca^{2+} ou un ion Mg^{2+}. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques :

$$n(\text{Ca}^{2+}) + n(\text{Mg}^{2+}) = n_E(\text{Y}^{4-})$$

$$\left([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]\right) V_{\text{eau}} = C_{\text{EDTA}}\, V_E$$

$$[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] = \frac{C_{\text{EDTA}}\, V_E}{V_{\text{eau}}} = \frac{2{,}0 \times 10^{-2} \times 5{,}0}{50} = 2{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{TH} = \frac{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]}{10^{-4}} = \frac{2{,}0 \times 10^{-3}}{10^{-4}} = 20\ ^\circ\text{f}$$

2. pH idéal. Sur l'échelle de Taylor (document 3), la droite qui relie le point TAC $= 6{,}0$ °f au point TH $= 20$ °f coupe l'axe central à $\text{pH}_{\text{idéal}} \approx 7{,}8$.

3. Choix du correcteur. Le pH mesuré $(8{,}0)$ est supérieur au pH idéal $(7{,}8)$: il faut l'abaisser avec du « pH moins ». Le tableau du document 4 (colonne pH mesuré $8{,}0$, ligne pH souhaité $7{,}8$) indique une dose de $4{,}0$ g · m^{-3}.

4. Volume d'eau du bassin. Sur le schéma à l'échelle 1/200, la largeur mesure $5{,}0$ cm (et la longueur $12{,}5$ cm, ce qui correspond bien à 25 m) :

$$\ell = 5{,}0 \times 200 = 1{,}0 \times 10^{3}\ \text{cm} = 10\ \text{m}$$

$$V = L \times \ell \times h = 25 \times 10 \times 2{,}5 = 6{,}3 \times 10^{2}\ \text{m}^3 \quad (625\ \text{m}^3)$$

5. Masse de correcteur.

$$m = 4{,}0 \times 625 = 2{,}5 \times 10^{3}\ \text{g} = 2{,}5\ \text{kg}$$

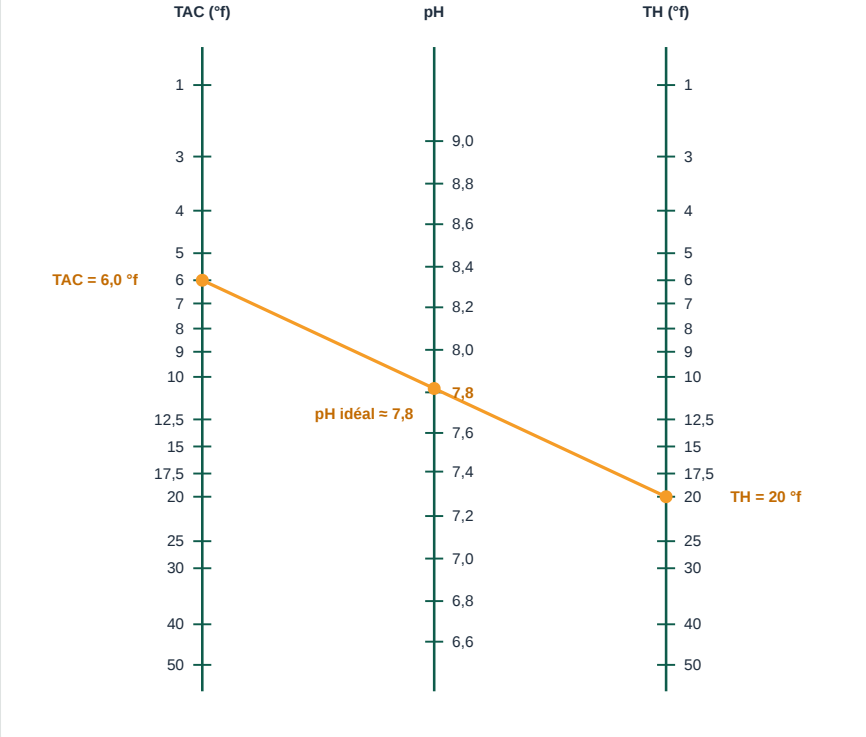
Le pH de départ ne dépasse pas $8{,}2$: la correction peut se faire en une journée, par doses espacées de 1 à 2 heures, versées à la surface de l'eau en insistant sur les zones profondes.

TH $= 20$ °f, TAC $= 6{,}0$ °f, pH $= 8{,}0$ pour un pH idéal de $7{,}8$: verser $m \approx 2{,}5$ kg de « pH moins » dans les 625 m^3 du bassin.

PIÈGE
Les volumes V_E et V_{eau} peuvent rester en mL, car seul leur rapport intervient. Si le schéma imprimé n'est pas exactement à l'échelle, utiliser la proportionnalité avec la longueur connue : $\ell = 25 \times \dfrac{\text{largeur mesurée}}{\text{longueur mesurée}}$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs partout, comme les données. Le titrage des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} par l'EDTA (réaction de complexation) n'est plus au programme actuel de spécialité ; la relation à l'équivalence et la démarche restent exigibles.

MÉTHODE
Résolution de problème : annoncer le plan (grandeur manquante, pH visé, dose, volume, masse), justifier chaque étape par un document et finir par une phrase de conclusion chiffrée. La démarche est notée autant que le résultat.



P · Échelle de Taylor (document 3) : droite reliant TAC = 6,0 °f et TH = 20 °f

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2.0 \times 10^{-2} \times 5.0}{50} \approx 0.002$$

$$\frac{2.0 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-4}} \approx 20$$

$$5.0 \times 200 \approx 1000$$

$$25 \times 10 \times 2.5 \approx 625$$

$$4.0 \times 625 \approx 2500$$