Corrigé complet — Bac S 2019 Afrique (ancien programme)

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

Ex 1	**Saut sans parachute** Chute libre · Deuxième loi de Newton · Équations horaires · Vitesse limite et frottements · Énergie cinétique et travail d'une force	6 pts	1 h	11 questions	p. 2
Ex 2	**Domotique** Loi de Wien · Ondes électromagnétiques · Effet Doppler · Image numérique et débit binaire · Niveau d'intensité sonore	5 pts	50 min	8 questions	p. 7
Ex 3	**Surveillance de la glycémie** Groupes caractéristiques · Stéréoisomérie · Catalyse enzymatique · Dosage par étalonnage · Solution tampon · Incertitude de mesure	9 pts	1 h 30	15 questions	p. 11
Ex 4	**Spécialité : Au concert** Intensité sonore · Niveau d'intensité sonore · Atténuation géométrique · Diagramme d'émission d'un haut-parleur · Seuil de danger et durée d'exposition	5 pts	50 min	2 questions	p. 18

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.

Saut sans parachute

Bac S 2019 Afrique (ancien programme) · Exercice 1 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1 Indiquer la seule force prise en compte lors d'une chute libre.

Dans une chute libre, le système n'est soumis qu'à une seule force, exercée par la Terre.

La seule force est le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

1.2.1 En détaillant le raisonnement et en précisant la loi utilisée, exprimer le vecteur accélération $\vec{a}$ du point G.

Système : {parachutiste et équipement}, de masse m constante, assimilé à son centre de gravité G. Référentiel terrestre supposé galiléen. Seule force : le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

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

$\vec{a} = \vec{g}$: accélération verticale, vers le bas, de valeur g.

COMPRENDRE
La masse se simplifie : en chute libre, l'accélération ne dépend pas de la masse de l'objet.

MÉTHODE
Toujours quatre étapes avant d'écrire la loi : système, référentiel galiléen, bilan des forces, puis deuxième loi de Newton. Chacune rapporte des points.

1.2.2 En déduire que l'équation horaire du mouvement s'écrit $z(t) = \frac{1}{2}\,g\,t^2$.

Données utiles axe (Oz) vertical orienté vers le bas ; à $t = 0$: $z = 0$ et vitesse nulle

Sur l'axe (Oz) orienté vers le bas : $a_z = +g$.

Comme $a_z = \dfrac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}$, par intégration : $v_z(t) = g\,t + C_1$. Or $v_z(0) = 0$, donc $C_1 = 0$ et $v_z(t) = g\,t$.

Comme $v_z = \dfrac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}$, par intégration : $z(t) = \frac{1}{2}\,g\,t^2 + C_2$. Or $z(0) = 0$, donc $C_2 = 0$.

$z(t) = \frac{1}{2}\,g\,t^2$

PIÈGE
Oublier les constantes d'intégration, ou ne pas les justifier par les conditions initiales. Avec un axe vers le haut, on aurait $a_z = -g$: le signe dépend de l'orientation choisie.

1.3 Dans le modèle de la chute libre, déterminer la durée de la chute jusqu'au filet et la valeur de la vitesse juste avant l'arrivée dans le filet.

Données utiles altitude du saut $H = 7\,620$ m ; altitude du filet de réception 76 m ; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Distance parcourue jusqu'au filet : $d = 7\,620 - 76 = 7\,544$ m.

À la date t_f d'arrivée : $z(t_f) = d$, soit $\frac{1}{2}\,g\,t_f^2 = d$, donc (durée positive)

$$t_f = \sqrt{\frac{2d}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 7\,544}{9{,}8}} = 39\ \text{s}$$

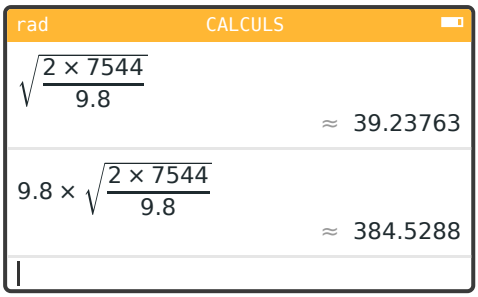
Vitesse à cette date : $v_f = g\,t_f = 9{,}8 \times 39{,}2 = 3{,}8 \times 10^2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

$t_f = 39$ s et $v_f = 3{,}8 \times 10^2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

PIÈGE
Prendre $7\,620$ m comme distance de chute : le filet est à 76 m du sol, pas au sol.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, la donnée la moins précise. On garde la valeur non arrondie de t_f pour calculer v_f.

À LA CALCULATRICE



1.4 Le modèle de la chute libre permet-il de rendre compte de la réalité du saut de Luke Aikins ? Justifier.

Données utiles $t_f = 39$ s et $v_f = 3{,}8 \times 10^2$ m · s^{-1} (1.3) ; saut réel : environ deux minutes, vitesse limite de l'ordre de 200 km · h^{-1}

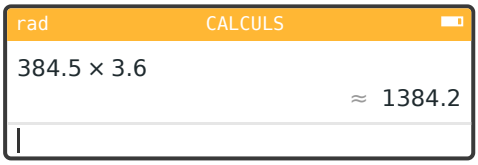
Conversion : $v_f = 384{,}5 \times 3{,}6 = 1{,}4 \times 10^3$ km · h^{-1}.

Le modèle prévoit une vitesse environ sept fois plus grande que la vitesse réelle (200 km · h^{-1}) et une durée de 39 s, trois fois plus courte que les deux minutes observées.

Non : le modèle de la chute libre ne décrit pas ce saut, les frottements de l'air ne sont pas négligeables.

MÉTHODE
Pour valider un modèle, comparer des grandeurs dans la même unité : de m · s^{-1} à km · h^{-1}, on multiplie par $3{,}6$.

À LA CALCULATRICE

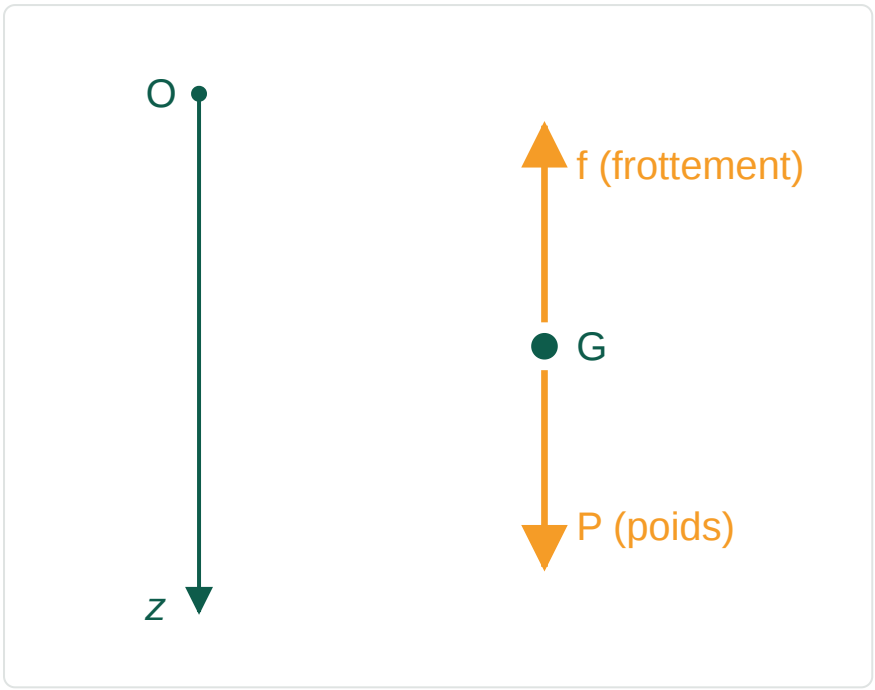


2.1 Écrire la relation vectorielle entre la force de frottement et le poids lorsque la vitesse limite est atteinte. Justifier.

À la vitesse limite, le mouvement du parachutiste est rectiligne et uniforme dans le référentiel terrestre galiléen. D'après la première loi de Newton (principe d'inertie), les forces qu'il subit se compensent : $\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$.

$\vec{f} = -\vec{P}$: même direction, même valeur, sens opposés.

PIÈGE
Invoquer la deuxième loi de Newton sans dire que $\vec{a} = \vec{0}$. La justification attendue est : vitesse constante, donc mouvement rectiligne uniforme, donc forces qui se compensent.



2.1 · Forces sur le parachutiste à la vitesse limite

2.2 En utilisant l'axe (Oz) vertical orienté vers le bas, montrer que $v_{\text{lim}} = \sqrt{\dfrac{2\,m\,g}{\rho\,S\,C_x}}$.

Données utiles $f = \dfrac{1}{2}\,C_x\,\rho\,S\,v^2$

On projette $\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$ sur l'axe (Oz) : le poids est vers le bas ($P_z = +m\,g$), le frottement vers le haut ($f_z = -f$).

$m\,g - f = 0$, soit $m\,g = \dfrac{1}{2}\,C_x\,\rho\,S\,v_{\text{lim}}^2$, donc $v_{\text{lim}}^2 = \dfrac{2\,m\,g}{\rho\,S\,C_x}$.

$v_{\text{lim}} = \sqrt{\dfrac{2\,m\,g}{\rho\,S\,C_x}}$ (valeur positive) : c'est l'expression attendue.

COMPRENDRE
Le frottement croît avec v^2 : la vitesse augmente jusqu'à ce que f atteigne la valeur du poids, puis elle ne change plus. Ici, la vitesse limite dépend de la masse.

2.3 Calculer la valeur de cette vitesse limite. Est-elle compatible avec celle du texte introductif ?

Données utiles $m = 80\ \text{kg}$; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $C_x = 0{,}50$; $\rho = 1{,}0\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $S = 1{,}0\ \text{m}^2$

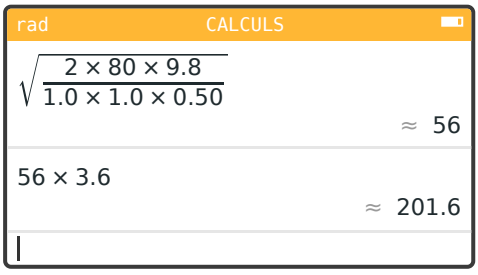
$$v_{\text{lim}} = \sqrt{\frac{2 \times 80 \times 9{,}8}{1{,}0 \times 1{,}0 \times 0{,}50}} = 56\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

En $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: $v_{\text{lim}} = 56 \times 3{,}6 = 2{,}0 \times 10^2\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

$v_{\text{lim}} = 56\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, soit environ $200\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: valeur compatible avec le texte.

PIÈGE
À la calculatrice, mettre tout le dénominateur entre parenthèses, et ne pas oublier la racine carrée : $3\,136$ est v_{lim}^2, pas la vitesse.

À LA CALCULATRICE



3.1 Exprimer puis calculer l'énergie cinétique du parachutiste au point A, juste avant le contact avec le filet.

Données utiles $m = 80$ kg ; $v_{\text{lim}} = 56\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (2.3)

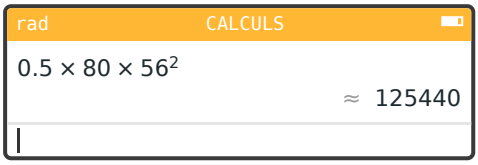
En A, le parachutiste a atteint sa vitesse limite : $E_c(\text{A}) = \frac{1}{2} m\, v_{\text{lim}}^2$.

$$E_c(\text{A}) = \frac{1}{2} \times 80 \times 56^2 = 1{,}3 \times 10^5 \text{ J}$$

$E_c(\text{A}) = 1{,}3 \times 10^5$ J

PIÈGE
La vitesse doit être en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (pas en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) et elle est au carré. C'est la vitesse limite qu'il faut prendre, pas celle du modèle de la chute libre.

À LA CALCULATRICE



3.2 En admettant que la variation d'énergie cinétique entre A et B est égale au travail $W_{\text{AB}}(\vec{F}) = -m\,a\,h$, déterminer la relation entre h, a et v_{lim}.

$E_c(\text{B}) - E_c(\text{A}) = W_{\text{AB}}(\vec{F})$. En B, le parachutiste est à l'arrêt : $E_c(\text{B}) = 0$.

$0 - \frac{1}{2} m\, v_{\text{lim}}^2 = -m\,a\,h$, et la masse se simplifie.

$v_{\text{lim}}^2 = 2\,a\,h$, soit $h = \frac{v_{\text{lim}}^2}{2\,a}$

COMPRENDRE
Le travail est négatif : la force $\vec{F}$, vers le haut, s'oppose au déplacement vers le bas et fait perdre au parachutiste toute son énergie cinétique.

3.3 En exploitant la photographie n°2, estimer la valeur de l'accélération subie par le parachutiste. Cette décélération est-elle supportable ?

Données utiles point le plus bas du filet de sécurité à 10 m du sol ; $v_{\text{lim}} = 56\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.3) ; accélération supportable : $10\,g$

Échelle de la photographie n°2 : le point le plus bas du filet de sécurité est à 10 m du sol, ce qui correspond à environ 0,8 cm sur la photographie.

L'enfoncement du filet de réception (du niveau de ses bords jusqu'au parachutiste) mesure environ 2,0 cm sur la photographie :

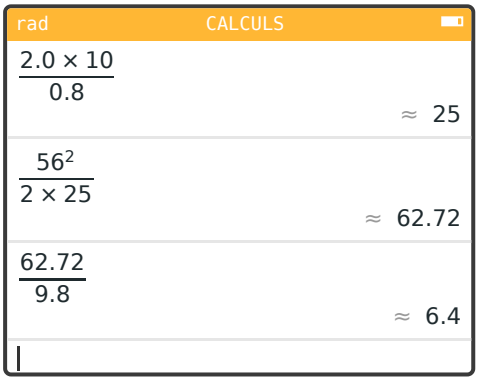
$$h \approx \frac{2{,}0 \times 10}{0{,}8} = 25\ \text{m}$$

D'après 3.2 : $a = \dfrac{v_{\text{lim}}^2}{2\,h} = \dfrac{56^2}{2 \times 25} \approx 63\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Limite supportable : $10\,g = 98\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

$a \approx 6 \times 10^1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, soit environ $6\,g$, inférieur à $10\,g$: la décélération est supportable.

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE

C'est une estimation : les mesures sur la photographie sont peu précises (position de A incertaine, perspective). Toute valeur de h cohérente avec une échelle justifiée est acceptée ; seul l'ordre de grandeur de a compte.

MÉTHODE

Autre lecture possible : le point B est à environ 20 m du sol sur la photographie, donc $h \approx 76 - 20 = 56$ m et $a \approx 28\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. La conclusion est la même.

Domotique

Bac S 2019 Afrique (ancien programme) · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Justifier par un calcul l'utilisation d'un capteur infrarouge pour détecter un intrus.

Données utiles loi de Wien : $\lambda_{\max} T = 2{,}9 \times 10^{-3}\ \text{m} \cdot \text{K}$; $T = \theta + 273$; spectre électromagnétique du sujet

Le corps humain est à une température voisine de $\theta = 37\ ^\circ\text{C}$, soit $T = 37 + 273 = 310\ \text{K}$.

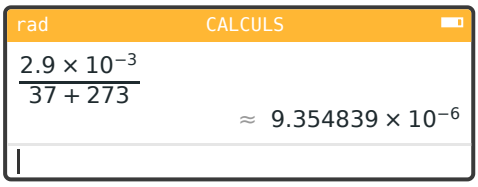
D'après la loi de Wien, son rayonnement thermique est maximal pour :

$$\lambda_{\max} = \frac{2{,}9 \times 10^{-3}}{T} = \frac{2{,}9 \times 10^{-3}}{310} = 9{,}4 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

Sur le spectre fourni, cette longueur d'onde est comprise entre $1\ \mu\text{m}$ et $1\ \text{mm}$: elle se situe dans le domaine I.R.

$\lambda_{\max} = 9{,}4\ \mu\text{m}$: un intrus émet surtout dans l'infrarouge, un capteur infrarouge peut donc le détecter.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Laisser la température en degrés Celsius : $2{,}9 \times 10^{-3} \div 37$ donne $78\ \mu\text{m}$, valeur fausse même si elle reste dans l'infrarouge.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la constante $2{,}9 \times 10^{-3}$. La température n'est pas donnée : toute valeur réaliste convient (30 °C pour la peau donne $9{,}6\ \mu\text{m}$), la conclusion est la même.

COMPRENDRE
Capteur « passif » : il n'émet rien, il reçoit le rayonnement de l'intrus. La loi de Wien n'est plus au programme de la spécialité de terminale ; elle est ici fournie.

1.2 À quel domaine correspond l'onde émise par le capteur hyperfréquence ?

Données utiles $f = 9{,}9\ \text{GHz}$; $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (valeur à connaître) ; spectre électromagnétique du sujet

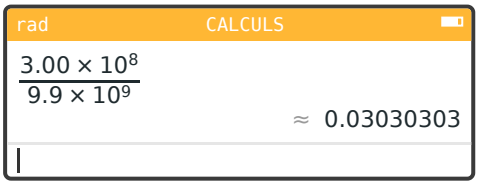
L'onde émise est électromagnétique : elle se propage dans l'air à la célérité c, donc

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{9{,}9 \times 10^9} = 3{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

Cette longueur d'onde est comprise entre $1\ \text{mm}$ et $1\ \text{m}$.

$\lambda = 3{,}0\ \text{cm}$: l'onde appartient au domaine des **micro-ondes**.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Oublier la conversion $1\ \text{GHz} = 10^9\ \text{Hz}$. Le spectre du sujet est gradué en longueur d'onde : la fréquence seule ne permet pas de conclure.

1.3 En quoi l'effet Doppler intervient-il dans le fonctionnement du détecteur de mouvement ?

Le capteur émet une onde de fréquence $f_E = 9{,}9\ \text{GHz}$; elle se réfléchit sur les obstacles de la pièce et revient vers le capteur.

Si l'obstacle est immobile, l'onde reçue a la même fréquence que l'onde émise. Si l'obstacle se déplace par rapport au capteur, la fréquence reçue f_R est différente de f_E : c'est l'effet Doppler ($f_R > f_E$ s'il s'approche, $f_R < f_E$ s'il s'éloigne).

Le capteur compare f_R à f_E : un décalage non nul signale un objet en mouvement, donc une intrusion possible.

COMPRENDRE
Les deux capteurs se complètent : l'infrarouge repère un corps chaud, l'effet Doppler un corps qui bouge. Exiger les deux limite les fausses alertes (radiateur, rideau agité).

2.1 Calculer la taille en Mo d'une image prise par la caméra, en supposant un codage RVB sur 24 bits.

Données utiles image de 1280×720 pixels ; 24 bits par pixel ; 1 octet = 8 bits ; $1\ \text{Mo} = 10^6$ octets

Chaque pixel est codé sur 24 bits, soit $\frac{24}{8} = 3$ octets (un par couleur).

Nombre de pixels : $1280 \times 720 = 921\,600$.

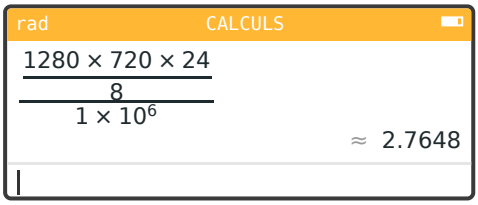
Taille d'une image : $921\,600 \times 3 = 2\,764\,800$ octets, soit $\frac{2\,764\,800}{10^6}$ Mo.

Taille d'une image $= 2{,}76\ \text{Mo}$

PIÈGE
S'arrêter à $1280 \times 720 \times 24 = 2{,}2 \times 10^7$: ce sont des bits. Il reste à diviser par 8, puis par 10^6.

COMPRENDRE
Le codage des images et le débit binaire (partie 2) ne figurent plus au programme de la spécialité de terminale. Les calculs restent de simples proportionnalités.

À LA CALCULATRICE



2.2 Calculer la taille de la vidéo enregistrée par la caméra.

Données utiles 20 images par seconde ; durée de l'enregistrement : 10 min ; taille d'une image (2.1)

Durée : $\Delta t = 10 \times 60 = 600$ s.

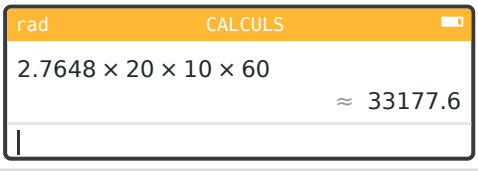
Nombre d'images : $20 \times 600 = 12\,000$.

Taille de la vidéo : $12\,000 \times 2{,}7648 = 3{,}32 \times 10^4$ Mo.

Taille de la vidéo non compressée $= 3{,}32 \times 10^4$ Mo (environ 33 Go)

MÉTHODE
Dans un calcul en chaîne, reprendre la valeur non arrondie de la question précédente (2,7648 Mo) et n'arrondir que le résultat final.

À LA CALCULATRICE



2.3 La vidéo compressée au format MPEG-4 occupe 11,8 Mo. En déduire le taux de compression moyen par rapport au codage RVB 24 bits.

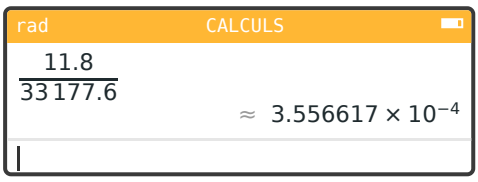
Données utiles taille après compression : 11,8 Mo ; taille avant compression (2.2) ; définition du taux de compression donnée par le sujet

En notant τ le taux de compression, rapport de la taille après compression à la taille avant compression :

$$\tau = \frac{11{,}8}{3{,}32 \times 10^{4}} = 3{,}56 \times 10^{-4}$$

$\tau = 3{,}56 \times 10^{-4}$, soit environ $0{,}036\ \%$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Inverser le rapport. Avec la définition du sujet, le taux est inférieur à 1.

COMPRENDRE
Le taux est un rapport de deux tailles dans la même unité : il n'a pas d'unité. Le fichier compressé est environ 2 800 fois plus léger que la vidéo brute.

2.4 Le débit de la connexion internet est-il suffisant pour visionner en direct cette vidéo au format MPEG-4 ?

Données utiles vidéo de 11,8 Mo pour 10 min ; débit montant : 1 Mbit/s ; débit descendant : 20 Mbit/s

Pour un visionnage en direct, la caméra doit envoyer les données aussi vite qu'elle les produit. Débit nécessaire :

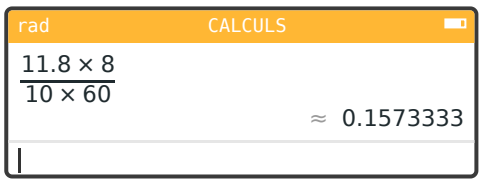
$$D = \frac{\text{taille}}{\Delta t} = \frac{11{,}8 \times 8}{600} = 0{,}157\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$$

La vidéo part de la maison vers le propriétaire : c'est le débit montant de la ligne qui compte, soit 1 Mbit/s.

$D = 0{,}157\ \text{Mbit/s} < 1\ \text{Mbit/s}$: le débit de la connexion est suffisant.

PIÈGE
Comparer des Mo/s à des Mbit/s : $11{,}8 \div 600 = 0{,}0197\ \text{Mo/s}$, à multiplier par 8. Et choisir le débit montant, pas le débit descendant.

À LA CALCULATRICE



3 Calculer le niveau d'intensité sonore perçu par l'intrus au moment où il est détecté.

Données utiles chaque sirène : $L_0 = 105$ dB à $d_0 = 1{,}0$ m ; $d_1 = 5{,}5$ m ; $d_2 = 6{,}9$ m ; $I_M = \frac{k}{d_M^2}$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; $I = I_1 + I_2$

Intensité sonore à 1,0 m d'une sirène. Comme $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$:

$$I(d_0) = I_0 \times 10^{L_0/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{10{,}5} = 3{,}16 \times 10^{-2}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Constante k (la même pour les deux sirènes, identiques) : $k = I(d_0) \times d_0^2 = 3{,}16 \times 10^{-2}$ W.

Intensités reçues par l'intrus.

$$I_1 = \frac{k}{d_1^2} = \frac{3{,}16 \times 10^{-2}}{5{,}5^2} = 1{,}05 \times 10^{-3}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$I_2 = \frac{k}{d_2^2} = \frac{3{,}16 \times 10^{-2}}{6{,}9^2} = 6{,}64 \times 10^{-4}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Les intensités s'ajoutent : $I = I_1 + I_2 = 1{,}71 \times 10^{-3}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Niveau d'intensité sonore.

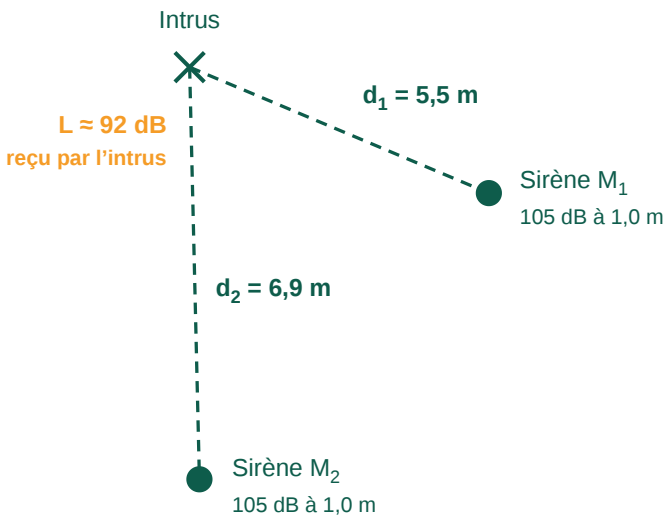
$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{1{,}71 \times 10^{-3}}{1{,}0 \times 10^{-12}} = 92{,}3\ \text{dB}$$

$L \approx 92$ dB : niveau sonore perçu par l'intrus.

PIÈGE
Additionner les niveaux : $90 + 88$ dB n'a aucun sens. Seules les intensités I s'ajoutent ; on revient au niveau en décibels à la toute fin.

COMPRENDRE
Contrôle : seule, la sirène M_1 donnerait 90 dB et M_2 88 dB. Le niveau total dépasse le plus élevé de moins de 3 dB : 92 dB est cohérent.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer le plan (niveau → intensité à 1 m → k → intensités à d_1 et d_2 → somme → niveau), puis le suivre. Chaque étape juste rapporte des points, même si le calcul n'aboutit pas.



3 · Position de l'intrus par rapport aux deux sirènes (d'après le plan du sujet)

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{105}{10}}$
≈ 0.03162278

$\frac{0.0316227766}{5.5^2}$
≈ 0.001045381

$\frac{0.0316227766}{6.9^2}$
$\approx 6.642045 \times 10^{-4}$

$10 \times \log\left(10^{10.5} \times \left(\frac{1}{5.5^2} + \frac{1}{6.9^2}\right)\right)$
≈ 92.32891

Surveillance de la glycémie

Bac S 2019 Afrique (ancien programme) · Exercice 3 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

1.1.1 Donner la formule brute du D-glucose.

La chaîne compte 6 atomes de carbone ; on dénombre 6 atomes d'oxygène (cinq OH et un $C{=}O$) et 12 atomes d'hydrogène (5 dans les OH, 7 liés aux carbones).

Formule brute du D-glucose : $C_6H_{12}O_6$

PIÈGE
En formule topologique, les H portés par les carbones ne sont pas dessinés. Chaque carbone a quatre liaisons : compléter mentalement avec des H (CH_2 à gauche, CH au milieu, CHO à droite).

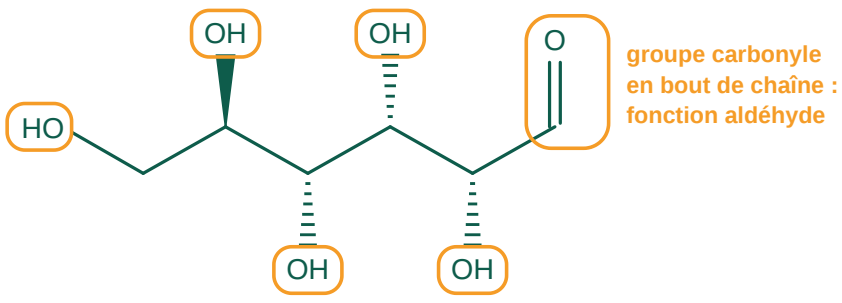
1.1.2 Recopier la formule du D-glucose, identifier les groupes caractéristiques et nommer la fonction associée à chacun.

La molécule porte deux types de groupes caractéristiques :

- cinq groupes **hydroxyle** $-OH$, associés à la fonction **alcool** ;
- un groupe **carbonyle** $C{=}O$ placé en bout de chaîne, associé à la fonction **aldéhyde**.

5 groupes hydroxyle (alcool) et 1 groupe carbonyle (aldéhyde)

COMPRENDRE
Groupe carbonyle en bout de chaîne (carbone lié à un H) : aldéhyde. Au milieu de la chaîne, ce serait une cétone. Le groupe et la fonction sont deux réponses distinctes, toutes deux demandées.



1.1.2 · D-glucose : groupes caractéristiques entourés

1.2.1 Repérer par un astérisque les atomes de carbone asymétriques du D-glucose.

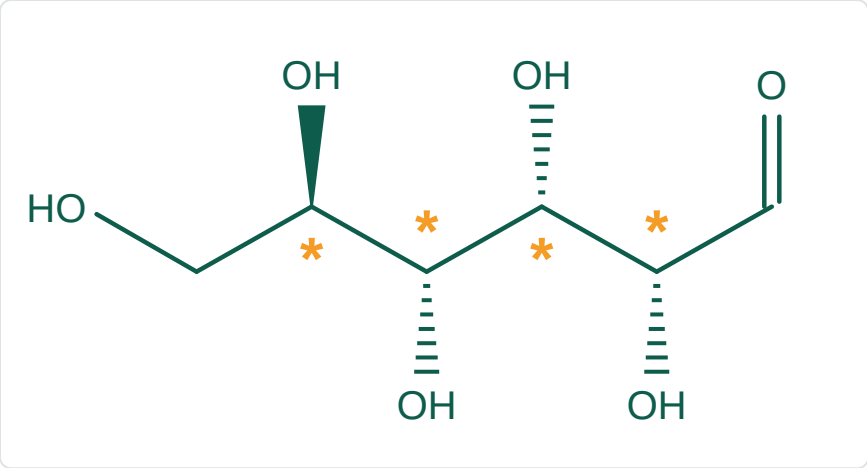
Un atome de carbone asymétrique est lié à quatre atomes ou groupes d'atomes tous différents.

Les quatre carbones du milieu de la chaîne portent chacun un H, un OH et deux morceaux de chaîne différents : ils sont asymétriques.

Le carbone du CH_2OH porte deux H et celui du CHO n'a que trois voisins : ils ne le sont pas.

Le D-glucose possède 4 atomes de carbone asymétriques (voir figure).

COMPRENDRE
La stéréoisomérie (carbone asymétrique, représentation de Cram, énantiomères, diastéréoisomères) faisait partie du programme de Terminale S. Elle n'est plus au programme actuel de la spécialité.



1.2.1 · D-glucose : les quatre atomes de carbone asymétriques

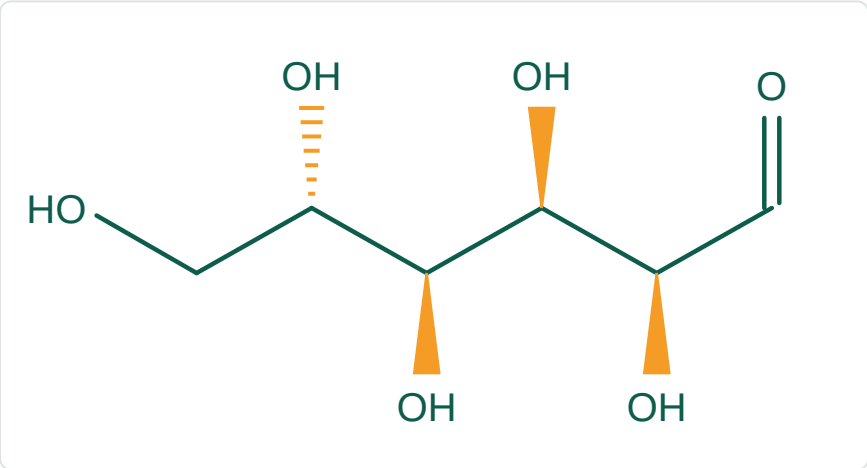
1.2.2 Représenter le L-glucose, énantiomère du D-glucose.

Deux énantiomères sont images l'un de l'autre dans un miroir plan et non superposables.

On obtient l'énantiomère en inversant la configuration de **tous** les carbones asymétriques : chaque liaison en avant du plan passe en arrière, et inversement.

L-glucose : même chaîne, les quatre liaisons $C-OH$ hors du plan inversées (voir figure).

MÉTHODE
Deux tracés sont acceptés : dessiner l'image de la molécule dans un miroir, ou garder la chaîne et échanger tous les triangles pleins et hachurés.



1.2.2 · L-glucose : les quatre liaisons hors du plan sont inversées

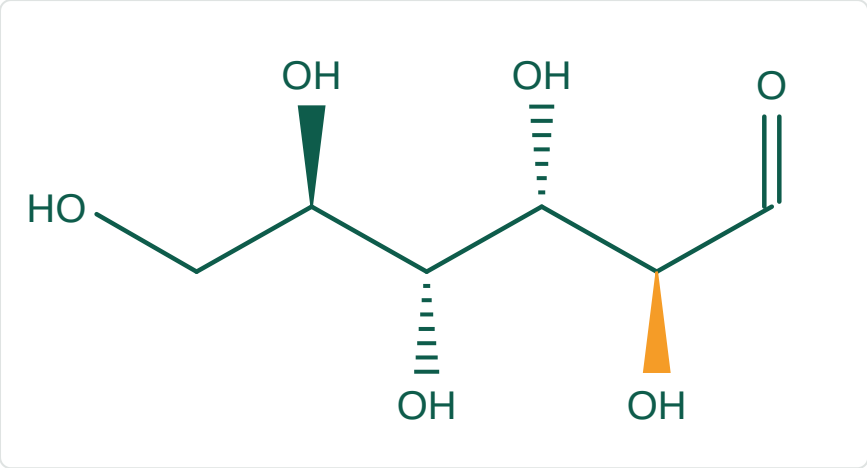
1.2.3 Représenter un diastéréoisomère du D-glucose.

Deux diastéréoisomères sont des stéréoisomères de configuration qui ne sont pas images l'un de l'autre dans un miroir.

Il suffit d'inverser la configuration d'un seul carbone asymétrique (ou de deux, ou de trois), mais pas des quatre.

Exemple : seule la liaison $C-OH$ voisine du groupe aldéhyde est inversée (voir figure).

PIÈGE
Inverser les quatre carbones asymétriques redonne le L-glucose, qui est l'énantiomère et non un diastéréoisomère.



1.2.3 · Un diastéréoisomère : une seule configuration inversée (en orange)

2.1 Donner le rôle d'une enzyme.

Une enzyme est un catalyseur biologique : elle accélère une réaction chimique sans apparaître dans son équation, car elle est régénérée en fin de transformation.

Une enzyme catalyse la réaction : elle en réduit la durée.

COMPRENDRE
Un catalyseur ne change pas l'état final : il permet seulement de l'atteindre plus vite. C'est pourquoi ni la glucose-oxydase ni la peroxydase ne figurent dans les équations (1) et (2).

2.2 Commenter les courbes de concentration en dioxygène et indiquer la propriété de la glucose-oxydase mise en évidence.

Le dioxygène est un réactif de la réaction (1) : s'il est consommé, sa concentration baisse.

Avec le D-glucose, la concentration en dioxygène chute d'environ $260\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à presque zéro en une centaine de minutes : la réaction (1) a lieu.

Avec les cinq autres sucres (L-glucose, lactose, fructose, maltose, galactose), elle reste constante : aucune réaction n'est observée sur la durée de l'expérience.

La glucose-oxydase est **sélective** (spécifique) : elle ne catalyse que l'oxydation du D-glucose.

COMPRENDRE
Même le L-glucose, énantiomère du D-glucose, ne réagit pas : l'enzyme distingue deux molécules images l'une de l'autre. Cette sélectivité permet de doser le glucose dans le sang sans être gêné par les autres sucres.

2.3.1 Sur quelle longueur d'onde du domaine visible le spectrophotomètre doit-il être réglé ? Justifier.

On se place au maximum d'absorption de l'espèce dosée : l'absorbance mesurée est la plus grande, donc l'incertitude relative sur la mesure est la plus faible.

Dans le visible (de 400 à 800 nm), le spectre de la quinonéimine présente son maximum vers 500 nm.

$\lambda \approx 500\ \text{nm}$

PIÈGE
Le spectre montre un autre maximum vers 310 nm, mais il se trouve dans l'ultraviolet : la question impose le domaine visible.

2.3.2 Pour une personne non-diabétique avec une glycémie maximale à jeun, déterminer la concentration maximale en quinonéimine.

Données utiles glycémie maximale à jeun d'une personne non-diabétique : $6{,}1\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; équations (1) et (2)

Réaction (1) : une mole de glucose donne une mole de H_2O_2, donc $n(H_2O_2) = n(\text{glucose})$.

Réaction (2) : deux moles de H_2O_2 donnent une mole de quinonéimine, donc $n(\text{quinonéimine}) = \dfrac{n(H_2O_2)}{2}$.

Les deux réactions étant totales et les autres réactifs en excès, dans un même volume :

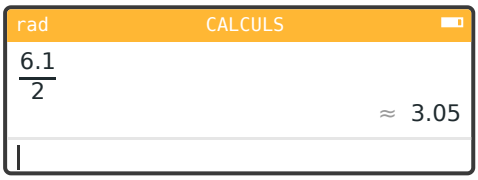
$$C_{\max}(\text{quinonéimine}) = \frac{C_{\max}(\text{glucose})}{2} = \frac{6{,}1}{2}\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_{\max}(\text{quinonéimine}) \approx 3{,}1\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Oublier le coefficient 2 devant H_2O_2 dans l'équation (2) et répondre $6{,}1\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : la donnée $6{,}1$ en a deux, le résultat $3{,}05$ s'écrit donc $3{,}1\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le nombre stœchiométrique 2 est exact et ne limite pas la précision.

À LA CALCULATRICE



2.4 Proposer, en justifiant, des conditions a priori optimales pour réaliser le dosage du glucose en laboratoire d'analyses.

Le dosage est d'autant plus précis que l'absorbance mesurée est grande. On lit sur chaque courbe la condition qui la rend maximale :

- température : pic marqué, absorbance proche de 0,5, vers **37 °C** ;
- pH : absorbance maximale, proche de 0,4, pour un pH voisin de **7** ;
- concentration en enzyme : l'absorbance augmente très vite jusqu'à environ 0,1 U/mL puis n'évolue presque plus ; **0,1 U/mL** suffit donc, sans gaspiller d'enzyme.

Conditions retenues : $\theta \approx 37\ ^\circ\text{C}$, $\text{pH} \approx 7$, concentration en enzyme d'au moins $0{,}1\ \text{U/mL}$

COMPRENDRE
Ces valeurs sont celles du milieu où ces enzymes agissent naturellement : la température du corps humain et un pH proche de celui du sang.

2.5.1 Écrire l'équation de la réaction de l'acide faible dihydrogénophosphate avec l'eau.

L'acide $H_2PO_4^-$ cède un ion H^+ à l'eau, qui joue le rôle de base du couple H_3O^+/H_2O. L'acide étant faible, la transformation est limitée.

$$H_2PO_4^-\,(\text{aq}) + H_2O\,(\text{l}) \rightleftharpoons HPO_4^{2-}\,(\text{aq}) + H_3O^+\,(\text{aq})$$

PIÈGE
Acide faible : double flèche obligatoire. Vérifier aussi les charges : une charge négative de chaque côté ($-2 + 1 = -1$ à droite).

2.5.2 Calculer le pH de la solution tampon ainsi préparée.

Données utiles $pK_a = 7{,}2$; $V_1 = 57{,}8\ \text{mL}$ de solution de $H_2PO_4^-$ et $V_2 = 42{,}2\ \text{mL}$ de solution de HPO_4^{2-}, toutes deux à $c = 1{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Pour le couple $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$: $\text{pH} = pK_a + \log \dfrac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$.

Les deux espèces sont dans le même volume final, donc le rapport des concentrations est égal au rapport des quantités de matière apportées :

$$\frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = \frac{c\,V_2}{c\,V_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

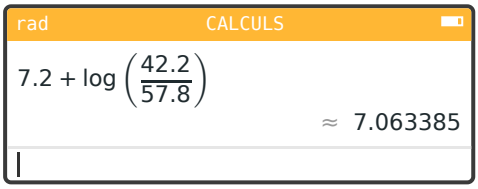
$$\text{pH} = 7{,}2 + \log \frac{42{,}2}{57{,}8}$$

$\text{pH} \approx 7{,}1$

PIÈGE
Inverser le rapport : la base HPO_4^{2-} est au numérateur. Contrôle : il y a plus d'acide que de base, le pH doit donc être inférieur au pK_a.

COMPRENDRE
Le volume final (1,0 L) se simplifie : inutile de calculer les concentrations. Un pH s'arrondit ici au dixième, comme le pK_a. Ce pH proche de 7 est bien la condition optimale trouvée en 2.4.

À LA CALCULATRICE



3.1 Décrire le protocole de la préparation de 100,0 mL de la solution n°1 à partir de la solution n°5, en précisant la verrerie. Justifier par un calcul.

Données utiles $c_5 = 1{,}00\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; $c_1 = 0{,}20\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_1 = 100{,}0\ \text{mL}$

Il s'agit d'une dilution : la masse de glucose prélevée se retrouve dans la solution fille, donc $c_5\,V_5 = c_1\,V_1$.

$$V_5 = \frac{c_1\,V_1}{c_5} = \frac{0{,}20 \times 100{,}0}{1{,}00} = 20\ \text{mL}$$

Protocole :

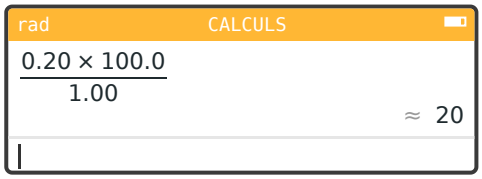
- verser un peu de solution n°5 dans un bécher ;
- prélever 20,0 mL de cette solution avec une pipette jaugée de 20,0 mL munie d'une propipette ;
- les introduire dans une fiole jaugée de 100,0 mL ;
- ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher, agiter ;
- compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et homogénéiser.

$V_5 = 20\ \text{mL}$ de solution n°5 (pipette jaugée), dans une fiole jaugée de 100,0 mL

PIÈGE
Éprouvette graduée ou bécher pour mesurer les volumes : seule la verrerie jaugée (pipette et fiole) est assez précise pour une solution étalon.

MÉTHODE
Facteur de dilution $F = \dfrac{c_5}{c_1} = 5$: le volume de la fiole vaut 5 fois celui de la pipette. Ce contrôle rapide évite d'inverser les deux volumes.

À LA CALCULATRICE



3.2 L'analyse du sang d'un patient diabétique à jeun donne une absorbance de 0,388. Déterminer la concentration en glucose dans son sang et commenter.

Données utiles tableau d'étalonnage (5 solutions) ; $A = 0{,}388$; $M(\text{glucose}) = 180\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; objectif avant le repas : entre 4 et 7 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

Étalonnage. On calcule le rapport $\dfrac{A}{c_m}$ pour chaque solution étalon : $0{,}44$; $0{,}42$; $0{,}42$; $0{,}42$; $0{,}42\ \text{L} \cdot \text{g}^{-1}$.

Ce rapport est pratiquement constant : l'absorbance est proportionnelle à la concentration en masse (loi de Beer-Lambert), $A = k\,c_m$ avec $k = 0{,}42\ \text{L} \cdot \text{g}^{-1}$, valeur commune à quatre solutions sur cinq.

Sang du patient. Il est traité selon le même protocole que les solutions étalons, donc :

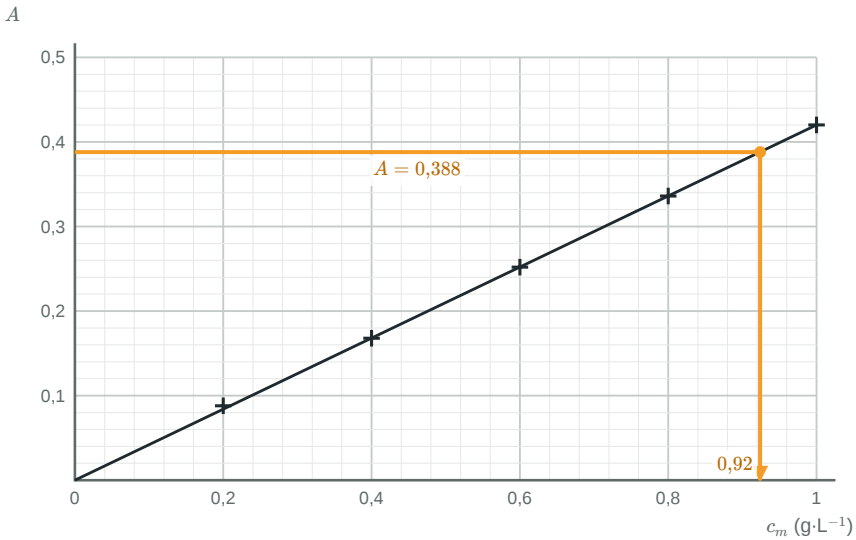
$$c_m = \frac{A}{k} = \frac{0{,}388}{0{,}42} = 0{,}92\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentration en quantité de matière.

$$C = \frac{c_m}{M} = \frac{0{,}92}{180} = 5{,}1 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Commentaire. Cette glycémie à jeun est comprise entre 4 et 7 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$: l'objectif glycémique de ce patient diabétique est atteint.

$c_m \approx 0{,}92\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, soit $C \approx 5{,}1\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$: objectif atteint



3.2 · Droite d'étalonnage $A = f(c_m)$ et lecture pour $A = 0{,}388$

PIÈGE

Comparer directement $0{,}92$ aux normes : elles sont en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, le tableau en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. La conversion par la masse molaire est indispensable avant de conclure.

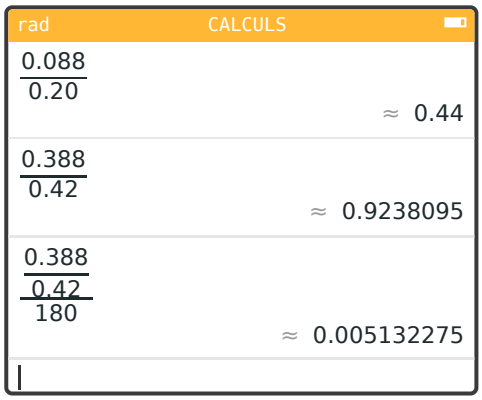
COMPRENDRE

Prendre la moyenne des cinq rapports ($0{,}424\ \text{L} \cdot \text{g}^{-1}$) donne $5{,}08\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$: la conclusion est identique. La valeur $0{,}388$ se situe bien entre celles des solutions 4 et 5.

MÉTHODE

Sans papier millimétré, deux voies : vérifier que A/c_m est constant puis utiliser ce coefficient, ou tracer la droite d'étalonnage et lire l'abscisse du point d'ordonnée $0{,}388$. Les deux donnent le même résultat.

À LA CALCULATRICE



4 Un diabétique mesure avant un repas une glycémie de 1,07 g/L. En tenant compte de l'incertitude fixée par la norme, peut-il en déduire si les objectifs glycémiques sont atteints ?

Données utiles valeur lue $c_m = 1{,}07\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; norme : $\pm 15\ \%$ si $c_m \geqslant 1\ \text{g/L}$; $M = 180\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; objectif avant le repas : entre 4 et 7 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

La valeur lue est supérieure à 1 g/L : l'incertitude vaut 15 % de la valeur lue.

Conversion : $C = \dfrac{c_m}{M} = \dfrac{1{,}07}{180} = 5{,}94 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 5{,}94\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Incertitude : $U(C) = 0{,}15 \times 5{,}94 = 0{,}9\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (un seul chiffre significatif).

Donc $C = (5{,}9 \pm 0{,}9)\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$: la glycémie réelle est comprise entre $5{,}0$ et $6{,}8\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Tout cet intervalle est contenu entre 4 et 7 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Oui : $5{,}0 \leqslant C \leqslant 6{,}8\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, l'objectif avant le repas est atteint malgré l'incertitude.

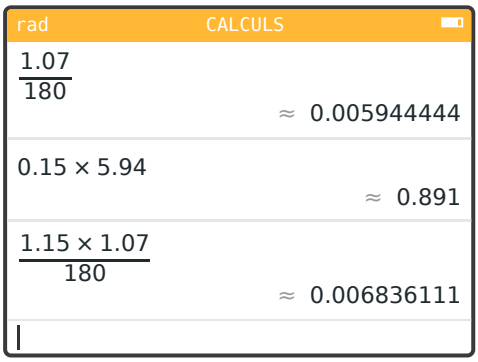
PIÈGE

Appliquer $\pm 0{,}15\ \text{g/L}$: cette règle ne vaut que pour une lecture strictement inférieure à 1 g/L.

MÉTHODE

Pour conclure avec une incertitude, comparer tout l'intervalle aux bornes de la norme, et pas seulement la valeur lue. Si l'intervalle dépassait 7 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, on ne pourrait pas trancher.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Au concert

Bac S 2019 Afrique (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Quelle valeur affiche le sonomètre si l'ingénieur du son se décale de 45° par rapport à l'axe principal, en restant à la même distance du haut-parleur ? Justifier.

Données utiles dans l'axe (0°), à 2,0 m : $L = 115$ dB ; diagramme d'émission du haut-parleur

La distance au haut-parleur ne change pas : seule la direction modifie le niveau mesuré.

Sur le diagramme d'émission, les cercles sont espacés de 1 dB. Sur le rayon repéré 45°, la courbe coupe le cercle situé entre -8 dB et -10 dB : l'atténuation vaut -9 dB par rapport à l'axe.

$L_{45^\circ} = 115 - 9$

$$\boxed{L_{45^\circ} = 106 \text{ dB}}$$

PIÈGE

Lire la graduation sur le mauvais rayon : les rayons sont tracés tous les 15°, celui de 45° est le troisième à partir de l'axe. La courbe est symétrique, $+45^\circ$ ou -45° donnent la même valeur.

COMPRENDRE

Une atténuation en décibels s'ajoute algébriquement au niveau L : on ne divise pas 115 par 9. Le résultat est donné au décibel près, comme la valeur du sonomètre et la lecture du diagramme.

2 Déterminer la durée à partir de laquelle une exposition à 100 dB est dangereuse. Problème : l'auditeur repéré sur la vue aérienne peut-il écouter l'intégralité d'un concert en toute sécurité ?

Données utiles seuil de 85 dB pendant 8 h, relevé de 3 dB chaque fois que la durée est divisée par 2 ; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$; $I = \dfrac{k}{d^2}$; $L = 115$ dB à 2,0 m dans l'axe ; échelle de la vue aérienne

Durée limite à 100 dB

$100 - 85 = 15\ \text{dB} = 5 \times 3\ \text{dB}$: la durée de 8 h est divisée cinq fois par 2.

$\Delta t = \dfrac{8}{2^5} = 0{,}25\ \text{h}$, soit 15 min. Au-delà de **15 min** à 100 dB, l'exposition est dangereuse.

Problème

Position de l'auditeur. Sur la vue aérienne, l'auditeur est sur le rayon repéré 30°, de l'autre côté de l'axe. Le segment haut-parleur–auditeur a la même longueur que le segment d'échelle : $d = 10$ m.

Constante k du haut-parleur. De $L = 10\ \log \dfrac{I}{I_0}$ on tire $I = I_0 \times 10^{L/10}$. À 2,0 m dans l'axe :

$$I_2 = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{11{,}5} = 0{,}316\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$k = I_2 \times d_2^2 = 0{,}316 \times 2{,}0^2 = 1{,}26\ \text{W}$$

Niveau à 10 m dans l'axe.

$$I_{10} = \frac{k}{d^2} = \frac{1{,}26}{10^2} = 1{,}26 \times 10^{-2}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$L_{10} = 10\ \log \frac{1{,}26 \times 10^{-2}}{1{,}0 \times 10^{-12}} = 101\ \text{dB}$$

Effet de la direction. À 30° de l'axe, le diagramme d'émission indique une atténuation de -6 dB :

$$L_{\text{auditeur}} = 101 - 6 = 95\ \text{dB}$$

Durée limite. D'après la règle des 3 dB : 85 dB → 8 h ; 88 dB → 4 h ; 91 dB → 2 h ; 94 dB → 1 h ; 97 dB → 30 min. Avec 95 dB, la durée limite est comprise entre 30 min et 1 h.

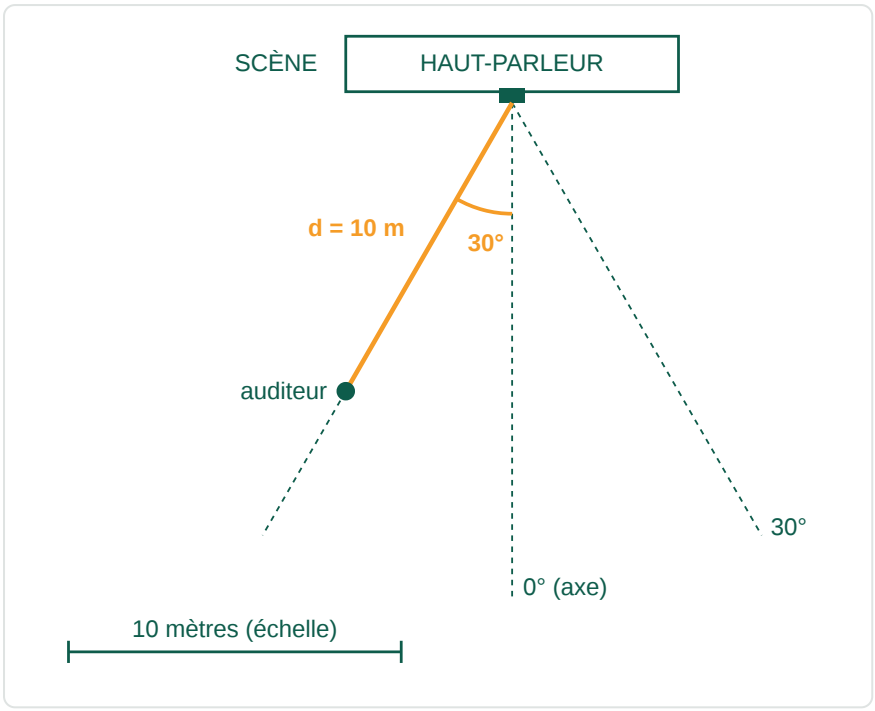
Regard critique. Un concert dure en général plus d'une heure : à cette place, le seuil de danger est dépassé avant la fin. Le calcul est toutefois majorant, car 115 dB est un niveau crête qui n'est pas atteint en permanence, et le public absorbe une partie du son. À l'inverse, les réflexions sur les murs, ignorées par la loi $I = \dfrac{k}{d^2}$, augmentent le niveau reçu. Les lectures graphiques (distance, atténuation) sont faites à 1 dB près environ, ce qui ne change pas la conclusion.

15 min à 100 dB. L'auditeur reçoit environ 95 dB : durée limite inférieure à 1 h, il ne peut pas écouter tout le concert en sécurité sans s'éloigner, s'écarter de l'axe ou porter des protections auditives.

PIÈGE
Appliquer la loi en $\dfrac{1}{d^2}$ directement aux décibels (écrire $115 \div 25$), ou oublier l'un des deux effets : la distance fait perdre 14 dB, la direction 6 dB de plus.

COMPRENDRE
Multiplier la distance par 5 divise I par 25, donc retire $10\ \log 25 = 14$ dB : on obtient $115 - 14 = 101$ dB sans calculer k. Diviser I par 2 retire 3 dB, d'où la règle du texte.

MÉTHODE
Problème ouvert : 1) dire ce qu'on cherche (le niveau reçu) ; 2) mesurer sur les documents (distance, angle) ; 3) calculer ; 4) comparer au seuil ; 5) discuter les hypothèses et proposer une solution.



2 · Vue aérienne : mesure de la distance et de l'angle

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{8}{2^5}$ ≈ 0.25

$1.0 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{115}{10}}$ ≈ 0.3162278

0.316×2.0^2 ≈ 1.264

$10 \times \log\left(\frac{1.26 \times 10^{-2}}{1.0 \times 10^{-12}}\right)$ ≈ 101.0037