Corrigé complet — Bac S 2017 Polynésie rattrapage (ancien programme)

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

Ex 1	**Performance des matériaux de construction** Résistance thermique · Flux thermique · Conduction thermique · Atténuation acoustique · Analyse dimensionnelle · Numérisation d'une image	7 pts	1 h 10	14 questions	p. 2
Ex 2	**La chimie du miel** Formule topologique et isomérie · Catalyse enzymatique · Bilan de matière · Spectre de RMN du proton · Couple acide-base et prédominance · Suivi pH-métrique	8 pts	1 h 20	11 questions	p. 7
Ex 3	**Granulométrie d'une poudre** Propriétés du laser · Émission stimulée · Transition entre niveaux d'énergie · Diffraction par une fente · Exploitation de courbes	5 pts	50 min	6 questions	p. 12
Ex 4	**Spécialité : Instruments à vent : des tuyaux sonores de toutes les longueurs** Son pur et son complexe · Période et fréquence · Ondes stationnaires dans un tuyau · Mode fondamental · Octave et tessiture · Résolution de problème	5 pts	50 min	3 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.

Performance des matériaux de construction

Bac S 2017 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **7 points** **Durée conseillée 1 h 10**

1.1.1 Déterminer l'unité de la résistance thermique.

Données utiles $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda \times S}$; λ en $\mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$; e en m ; S en $\mathrm{m^2}$

On remplace chaque grandeur par son unité dans $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda \times S}$:

$$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}} \times \mathrm{m^2}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{W \cdot K^{-1} \cdot m}} = \mathrm{K \cdot W^{-1}}$$

La résistance thermique s'exprime en $\mathrm{K \cdot W^{-1}}$.

MÉTHODE

Autre chemin, plus rapide : $\Phi = \dfrac{T_1 - T_2}{R_{th}}$ donne $R_{th} = \dfrac{T_1 - T_2}{\Phi}$, une température divisée par une puissance, donc des $\mathrm{K \cdot W^{-1}}$.

1.1.2 Déterminer la valeur de la résistance thermique du panneau CLT en épicéa.

Données utiles $\lambda_{\text{épicéa}} = 0{,}11\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$; longueur 6,0 m ; largeur 3,0 m ; $e = 20\ \mathrm{cm} = 0{,}20\ \mathrm{m}$

Surface du panneau : $S = 6{,}0 \times 3{,}0 = 18\ \mathrm{m^2}$.

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda_{\text{épicéa}} \times S} = \frac{0{,}20}{0{,}11 \times 18}$$

$R_{th} = 0{,}10\ \mathrm{K \cdot W^{-1}}$

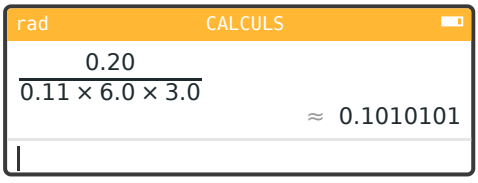
PIÈGE

Laisser l'épaisseur en centimètres donne une résistance cent fois trop grande.

COMPRENDRE

Données à deux chiffres significatifs, résultat aussi : 0,10, pas 0,1.

À LA CALCULATRICE



1.1.3 Déterminer l'épaisseur de béton armé nécessaire pour obtenir une paroi de même surface et de mêmes performances thermiques que le panneau CLT. Commenter.

Données utiles $\lambda_{\text{béton}} = 2{,}2\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$; $\lambda_{\text{épicéa}} = 0{,}11\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$; $e_{\text{épicéa}} = 0{,}20\ \mathrm{m}$

Mêmes performances thermiques : les deux parois ont la même résistance thermique. Avec la même surface S :

$$\frac{e_{\text{béton}}}{\lambda_{\text{béton}} \times S} = \frac{e_{\text{épicéa}}}{\lambda_{\text{épicéa}} \times S} \quad \text{donc} \quad e_{\text{béton}} = e_{\text{épicéa}} \times \frac{\lambda_{\text{béton}}}{\lambda_{\text{épicéa}}}$$

$$e_{\text{béton}} = 0{,}20 \times \frac{2{,}2}{0{,}11}$$

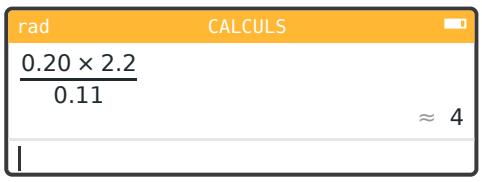
$e_{\text{béton}} = 4{,}0\ \mathrm{m}$

Il faudrait un mur de béton vingt fois plus épais que le panneau de bois : c'est irréalisable. Le béton armé isole beaucoup moins bien que l'épicéa ; un mur en béton doit être doublé d'un isolant.

MÉTHODE

À résistance et surface égales, l'épaisseur est proportionnelle à la conductivité. Le rapport $\lambda_{\text{béton}}/\lambda_{\text{épicéa}} = 20$ donne directement le rapport des épaisseurs.

À LA CALCULATRICE



1.2.1 Citer le mode de transfert d'énergie prépondérant à travers le vitrage. En donner une interprétation microscopique.

Le transfert thermique à travers le vitrage se fait principalement par **conduction**.

Interprétation microscopique : du côté chaud, les entités (atomes, molécules) sont plus agitées. Par chocs et interactions avec leurs voisines, elles leur cèdent une partie de leur énergie cinétique. L'agitation thermique se propage ainsi de proche en proche, du côté chaud vers le côté froid, sans déplacement d'ensemble de la matière.

PIÈGE
Citer la conduction sans préciser « sans transport de matière » : c'est ce qui la distingue de la convection, où le fluide lui-même se déplace.

COMPRENDRE
La lame d'air est mince et enfermée : l'air ne peut presque pas y circuler, la convection y est très limitée. Les questions suivantes utilisent d'ailleurs les conductivités thermiques, grandeurs propres à la conduction.

1.2.2 Déterminer la valeur du flux thermique traversant la fenêtre en double vitrage pour un écart de température de 10 °C entre l'intérieur et l'extérieur.

Données utiles $e_{\text{verre}} = 4{,}0\ \text{mm}$; $e_{\text{air}} = 12{,}0\ \text{mm}$; $S = 4{,}0\ \text{m}^2$; $\lambda_{\text{verre}} = 1{,}2\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\lambda_{\text{air}} = 0{,}026\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

La fenêtre comporte trois couches (verre, air, verre) ; leurs résistances thermiques s'ajoutent :

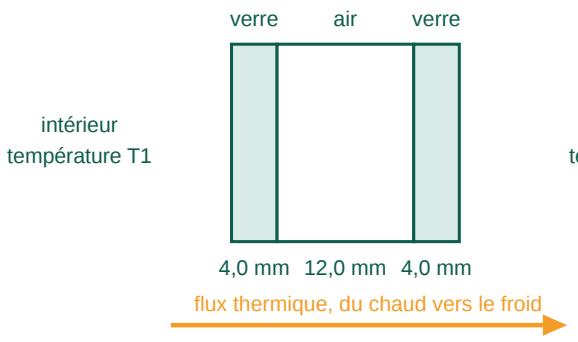
$$R_{th} = 2 \times \frac{e_{\text{verre}}}{\lambda_{\text{verre}} \times S} + \frac{e_{\text{air}}}{\lambda_{\text{air}} \times S}$$

$$R_{th} = 2 \times \frac{4{,}0 \times 10^{-3}}{1{,}2 \times 4{,}0} + \frac{12{,}0 \times 10^{-3}}{0{,}026 \times 4{,}0} = 0{,}117\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

Un écart de 10 °C est aussi un écart de 10 K : $T_1 - T_2 = 10\ \text{K}$.

$$\Phi = \frac{T_1 - T_2}{R_{th}} = \frac{10}{0{,}117}$$

$\Phi = 85\ \text{W}$

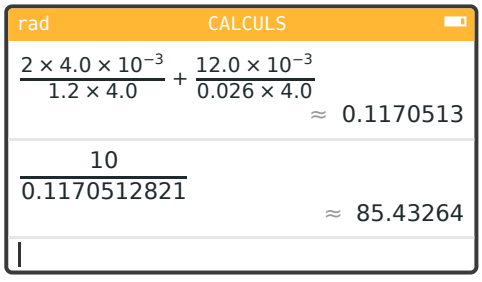


1.2.2 · Le double vitrage : trois résistances thermiques qui s'ajoutent

PIÈGE
Oublier l'une des deux vitres, ou laisser les épaisseurs en millimètres. Inutile en revanche d'ajouter 273 : seule la différence de températures intervient.

COMPRENDRE
Les deux vitres ne comptent que pour $0{,}003\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ sur $0{,}117$: c'est la lame d'air qui isole, pas le verre.

À LA CALCULATRICE



1.2.3 En supposant que seul le mode de transfert prépondérant intervient, ce vitrage respecte-t-il la règlementation ? Justifier.

Données utiles U maximal réglementaire : $2\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$; $\Phi = 85\ \text{W}$ pour $S = 4{,}0\ \text{m}^2$ et un écart de 10 K (1.2.2)

U est le flux thermique par unité de surface et par kelvin d'écart de température :

$$U = \frac{\Phi}{S \times (T_1 - T_2)} = \frac{85}{4{,}0 \times 10}$$

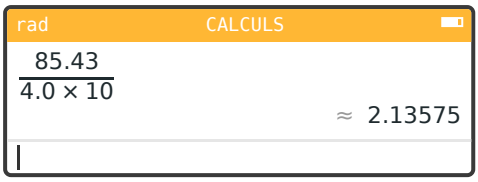
$U = 2{,}1\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

$U = 2{,}1\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} > 2\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$: ce vitrage ne respecte pas la règlementation, de peu.

COMPRENDRE
On a aussi $U = \frac{1}{R_{th} \times S}$: U ne dépend que des couches traversées, ni de la surface ni de l'écart de température.

MÉTHODE
Traduire la définition mot à mot : « par unité de surface » signifie diviser par S, « pour 1 °C d'écart » diviser par $T_1 - T_2$.

À LA CALCULATRICE



1.2.4 Proposer, en justifiant, deux solutions pour améliorer les performances thermiques de ce vitrage.

Données utiles $\lambda_{\text{air}} = 0{,}026\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\lambda_{\text{argon}} = 0{,}018\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Améliorer le vitrage, c'est diminuer le flux thermique, donc augmenter sa résistance thermique $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda \times S}$, somme de celles des couches.

- Remplacer l'air par de l'argon : sa conductivité thermique est plus faible, la résistance de la couche de gaz augmente.
- Augmenter l'épaisseur e de la couche de gaz, ou ajouter une troisième vitre et une seconde couche de gaz (triple vitrage) : une résistance supplémentaire s'ajoute.

Remplacer l'air par de l'argon ; épaissir la couche de gaz ou passer au triple vitrage.

COMPRENDRE
Épaissir le verre change très peu le résultat : le verre conduit environ 50 fois mieux la chaleur que l'air. C'est sur la couche de gaz qu'il faut agir.

2.1 Vérifier, par analyse dimensionnelle, que la relation $m_S = \rho \cdot e$ est correcte.

Par définition, la masse surfacique est une masse divisée par une surface : $[m_S] = \text{M} \cdot \text{L}^{-2}$.

La masse volumique est une masse divisée par un volume : $[\rho] = \text{M} \cdot \text{L}^{-3}$. L'épaisseur est une longueur : $[e] = \text{L}$.

$$[\rho \cdot e] = \text{M} \cdot \text{L}^{-3} \times \text{L} = \text{M} \cdot \text{L}^{-2}$$

$[\rho \cdot e] = \text{M} \cdot \text{L}^{-2} = [m_S]$: la relation est homogène.

COMPRENDRE
L'analyse dimensionnelle n'est plus exigée sous cette forme en spécialité. Le même contrôle se fait avec les unités : $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \times \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$.

2.2 Calculer la fréquence critique du double vitrage 4-12-4. Le résultat est-il cohérent avec les courbes d'atténuation acoustique ?

Données utiles $f_c = 60 \times \sqrt{\dfrac{1}{d}\left(\dfrac{1}{m_{S1}} + \dfrac{1}{m_{S2}}\right)}$; $d = 12{,}0\ \text{mm}$; $e = 4{,}0\ \text{mm}$; $\rho = 2500\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Les deux vitres sont identiques : $m_{S1} = m_{S2} = \rho \cdot e = 2500 \times 4{,}0 \times 10^{-3} = 10\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$.

$$f_c = 60 \times \sqrt{\frac{1}{d} \times \frac{2}{m_S}} = 60 \times \sqrt{\frac{1}{12{,}0 \times 10^{-3}} \times \frac{2}{10}}$$

$f_c = 2{,}4 \times 10^2\ \text{Hz}$

Sur les graphiques a et b, l'atténuation du vitrage 4-12-4 passe par un minimum marqué (15 dB) à 250 Hz : à cette fréquence le son est le mieux transmis. La valeur calculée, environ 245 Hz, est cohérente avec ces courbes.

PIÈGE
La surface $S = 4{,}0\ \text{m}^2$ ne sert pas : la masse surfacique est déjà une masse par mètre carré. Convertir d et e en mètres.

COMPRENDRE
Le creux de la courbe est une résonance : les deux vitres reliées par le « ressort » d'air vibrent alors avec une grande amplitude et laissent passer le son.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$2500 \times 4.0 \times 10^{-3}$

≈ 10

$60 \times \sqrt{\frac{1}{12.0 \times 10^{-3}} \times \frac{2}{10}}$

≈ 244.949

2.3 Le double vitrage présente-t-il un intérêt par rapport au simple vitrage du point de vue de l'isolation acoustique ? Justifier.

Sur le graphique a, entre 125 Hz et 630 Hz environ, la courbe du simple vitrage « Verre 4 » est au-dessus de celle du double vitrage 4-12-4 : le simple vitrage atténue mieux les sons graves (à 250 Hz : environ 26 dB contre 15 dB).

Au-delà de 800 Hz environ, c'est l'inverse : le double vitrage atténue davantage, de quelques décibels.

Le double vitrage 4-12-4 n'est intéressant que pour les sons aigus (au-delà de 800 Hz environ) ; pour les sons graves, il isole moins bien que le simple vitrage.

COMPRENDRE
L'axe des fréquences n'est pas régulier : chaque graduation multiplie la fréquence par 1,25 environ. Lire les valeurs sur les étiquettes, sans interpoler.

MÉTHODE
Pour comparer deux courbes : repérer l'abscisse où elles se croisent, puis conclure séparément de part et d'autre, avec une lecture chiffrée à l'appui.

2.4 Comment les fabricants peuvent-ils modifier le double vitrage pour améliorer ses propriétés acoustiques ?

Sur le graphique b, la courbe du vitrage 8-12-4 est au-dessus de celle du vitrage 4-12-4 à presque toutes les fréquences, et le creux à 250 Hz a disparu (25 dB au lieu de 15 dB).

Les fabricants augmentent l'épaisseur de l'une des deux vitres (vitrage dissymétrique, par exemple 8-12-4).

COMPRENDRE
Avec une vitre de 8 mm, $m_{S1} = 20\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ et la formule donne $f_c \approx 212\ \text{Hz}$: une paroi plus lourde abaisse la fréquence critique et vibre moins.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$60 \times \sqrt{\frac{1}{12.0 \times 10^{-3}} \times \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{10}\right)}$

≈ 212.132

3.1 Identifier l'intervalle de longueur d'onde dans lequel il est préférable d'utiliser la caméra thermique. Justifier.

La caméra reçoit le rayonnement infrarouge émis par le bâtiment après sa traversée de l'air. Il faut donc que l'atmosphère l'absorbe le moins possible : facteur de transmission proche de 100 %.

Dans la bande de travail (2 à 15 µm), le graphique montre un large plateau proche de 100 %, sans bande d'absorption, entre 8 µm et 14 µm.

Intervalle à privilégier : de 8 µm à 14 µm.

PIÈGE
Répondre « de 2 à 15 µm » : c'est la bande de travail donnée par l'énoncé. Autour de 2,7 µm, 4,3 µm et de 5 à 8 µm, CO_2 et H_2O absorbent le rayonnement.

3.2 Quel type de convertisseur doit-on placer entre le capteur et le calculateur qui génère l'image ?

Le capteur délivre une tension qui varie de façon continue : c'est un signal analogique. Le calculateur ne traite que des nombres binaires : le signal doit être numérisé.

Il faut un convertisseur analogique-numérique (CAN).

COMPRENDRE
La numérisation des signaux (échantillonnage, quantification, CAN) appartenait à l'ancien programme de Terminale S ; elle ne figure plus au programme actuel de la spécialité.

3.3 Sachant qu'un pixel est codé en 24 bits, quelle serait la capacité minimale, en octets, de la carte MiniSD en l'absence de compression ?

Données utiles image de 160×120 pixels ; 24 bits par pixel ; 1000 images enregistrables ; 1 octet = 8 bits

Un pixel occupe $\frac{24}{8} = 3$ octets.

Une image compte $160 \times 120 = 19\,200$ pixels, soit $19\,200 \times 3 = 57\,600$ octets.

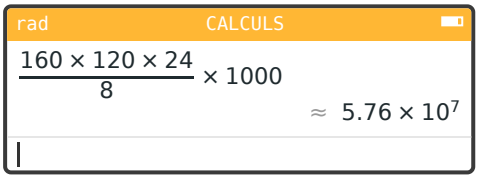
La carte doit contenir 1000 images : $1000 \times 57\,600 = 57\,600\,000$ octets.

Capacité minimale : $5{,}76 \times 10^7$ octets, soit environ 58 Mo.

PIÈGE
Donner le résultat en bits ($1{,}38 \times 10^9$) alors que la question demande des octets, ou oublier les 1000 images.

COMPRENDRE
Ici les nombres sont des comptages exacts : aucun arrondi n'est nécessaire. Le codage des images numériques relève lui aussi de l'ancien programme.

À LA CALCULATRICE



La chimie du miel

Bac S 2017 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **8 points** **Durée conseillée 1 h 20**

1.1.1 Déterminer les formules brutes du D-glucose et du D-fructose.

Dans une formule topologique, chaque sommet et chaque extrémité de la chaîne est un atome de carbone, qui porte autant d'atomes d'hydrogène qu'il lui en faut pour former quatre liaisons.

D-glucose : 6 C ; 6 O (cinq groupes OH et un $\mathrm{C{=}O}$) ; 12 H (7 liés aux carbones, 5 dans les groupes OH).

D-fructose : 6 C ; 6 O (cinq groupes OH et un $\mathrm{C{=}O}$) ; 12 H (7 liés aux carbones, 5 dans les groupes OH).

Le D-glucose et le D-fructose ont la même formule brute : $\mathrm{C_6H_{12}O_6}$.

PIÈGE
Oublier les atomes d'hydrogène portés par les carbones, qui ne sont pas dessinés. Le carbone du groupe $\mathrm{C{=}O}$ du fructose n'en porte aucun ; celui du glucose, en bout de chaîne, en porte un.

MÉTHODE
Contrôler avec la masse molaire du tableau : $6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$, valeur donnée pour les deux sucres.

1.1.2 Quels sont les points communs entre ces deux molécules ? Quelles sont les différences ? En déduire la relation qui les lie.

Points communs : même formule brute $\mathrm{C_6H_{12}O_6}$, même chaîne linéaire de six atomes de carbone, cinq groupes hydroxyle $-\mathrm{OH}$ (fonction alcool) et un groupe carbonyle $\mathrm{C{=}O}$.

Différences : dans le glucose, le groupe carbonyle est à l'extrémité de la chaîne (carbone 1), c'est un aldéhyde ; dans le fructose, il est à l'intérieur de la chaîne (carbone 2), c'est une cétone. L'enchaînement des atomes n'est donc pas le même.

Même formule brute et formules semi-développées différentes : le glucose et le fructose sont des **isomères de constitution**.

COMPRENDRE
Aldéhyde et cétone sont deux familles différentes : on parle aussi d'isomères de fonction. Ce ne sont pas des stéréoisomères, qui auraient le même enchaînement d'atomes.

1.2.1 Modéliser, à l'aide des formules brutes, la transformation du saccharose en glucose et en fructose par une équation chimique. Vérifier qu'il s'agit bien d'une hydrolyse.

Les deux produits réunis contiennent 12 C, 24 H et 12 O ; le saccharose $\mathrm{C_{12}H_{22}O_{11}}$ n'apporte que 22 H et 11 O. Il manque 2 H et 1 O du côté des réactifs, soit une molécule d'eau :

$$\underset{\text{saccharose}}{\mathrm{C_{12}H_{22}O_{11}}} + \mathrm{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{glucose}}{\mathrm{C_6H_{12}O_6}} + \underset{\text{fructose}}{\mathrm{C_6H_{12}O_6}}$$

L'eau est un réactif et la molécule de saccharose est coupée en deux molécules plus petites : c'est bien une **hydrolyse**.

PIÈGE
Écrire l'invertase parmi les réactifs. Un catalyseur n'apparaît pas dans l'équation ; on peut seulement le noter au-dessus de la flèche.

1.2.2 Citer les différents types de catalyse. Quel type de catalyse est mis en œuvre pour cette hydrolyse dans le jabot des abeilles ?

Il existe trois types de catalyse :

- la catalyse **homogène** : le catalyseur et les réactifs sont dans la même phase ;
- la catalyse **hétérogène** : le catalyseur et les réactifs sont dans des phases différentes (souvent un catalyseur solide) ;
- la catalyse **enzymatique** : le catalyseur est une enzyme, c'est-à-dire une protéine.

L'invertase est une enzyme : il s'agit d'une catalyse **enzymatique**.

1.2.3 Déterminer la masse de glucose disponible pour les abeilles lorsqu'elles auront consommé le sirop léger, l'hydrolyse du saccharose étant considérée comme totale.

Données utiles $m_{sac} = 0{,}50$ kg dans $V_{eau} = 1{,}0$ L d'eau ; $M_{sac} = 342\ g \cdot mol^{-1}$; $M_{glu} = 180\ g \cdot mol^{-1}$; $M_{eau} = 18\ g \cdot mol^{-1}$; $\rho = 1{,}0\ g \cdot mL^{-1}$; solubilité du saccharose : $2{,}0\ kg \cdot L^{-1}$

La masse dissoute (0,50 kg par litre d'eau) est inférieure à la solubilité (2,0 kg par litre) : tout le saccharose est dissous.

Quantités initiales :

$$n_{sac} = \frac{m_{sac}}{M_{sac}} = \frac{0{,}50 \times 10^3}{342} = 1{,}5\ mol \qquad n_{eau} = \frac{\rho V_{eau}}{M_{eau}} = \frac{1{,}0 \times 1{,}0 \times 10^3}{18} = 56\ mol$$

Les deux réactifs ont le même nombre stœchiométrique (1) et $n_{sac} < n_{eau}$: le saccharose est le réactif limitant.

La réaction est totale et une mole de saccharose donne une mole de glucose : $n_{glu} = n_{sac}$, donc

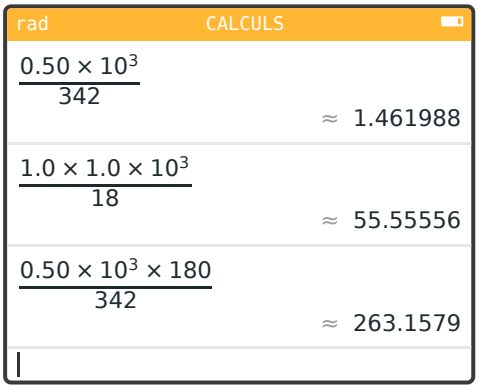
$$m_{glu} = n_{sac}\, M_{glu} = \frac{m_{sac}\, M_{glu}}{M_{sac}} = \frac{0{,}50 \times 10^3 \times 180}{342}$$

$m_{glu} = 2{,}6 \times 10^2$ g, soit environ 0,26 kg de glucose.

PIÈGE
Laisser la masse de saccharose en kilogrammes avec des masses molaires en $g \cdot mol^{-1}$, ou croire que la masse se partage en deux moitiés : il se forme aussi 0,26 kg de fructose, l'eau consommée apportant le complément.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise (0,50 kg). Le calcul final se fait avec l'expression littérale, sans réutiliser la valeur arrondie 1,5 mol.

À LA CALCULATRICE



1.3 À partir du spectre de RMN du proton du produit C_2H_6O formé par fermentation, donner sa formule semi-développée en justifiant la démarche.

Deux isomères ont pour formule brute C_2H_6O : l'éthanol CH_3-CH_2-OH et le méthoxyméthane CH_3-O-CH_3.

Le spectre comporte trois signaux, donc la molécule possède trois groupes de protons équivalents. Dans le méthoxyméthane, les six protons sont équivalents : son spectre ne présenterait qu'un seul signal. Il ne convient pas.

Vérification avec la multiplicité (règle des $n+1$ pics) pour l'éthanol :

- triplet vers 1,1 ppm : protons de CH_3, qui ont 2 protons voisins ;
- quadruplet vers 3,5 ppm : protons de CH_2, qui ont 3 protons voisins ;
- singulet vers 4,8 ppm : proton de OH, qui ne se couple pas.

Le produit est l'éthanol, de formule semi-développée CH_3-CH_2-OH.

COMPRENDRE
La RMN du proton ne figure plus au programme actuel de spécialité de Terminale. Aujourd'hui, on distinguerait ces deux isomères par spectroscopie infrarouge, grâce à la bande de la liaison $O-H$ de l'alcool.

MÉTHODE
Lire un spectre de RMN en deux temps : le nombre de signaux donne le nombre de groupes de protons équivalents ; la multiplicité de chaque signal donne le nombre de protons voisins, augmenté de un.

2.1 Indiquer la catégorie de réaction correspondant à la transformation du glucose en acide gluconique.

Le groupe aldéhyde $-\mathrm{CHO}$ du glucose devient le groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$ de l'acide gluconique ; le reste de la molécule est inchangé. La formule brute passe de $\mathrm{C_6H_{12}O_6}$ à $\mathrm{C_6H_{12}O_7}$: la molécule gagne un atome d'oxygène.

Demi-équation : $\mathrm{C_6H_{12}O_6 + H_2O = C_6H_{12}O_7 + 2\,H^+ + 2\,e^-}$

Le glucose cède des électrons : c'est une réaction d'**oxydoréduction**, dans laquelle le glucose est oxydé.

COMPRENDRE
En chimie organique, le passage d'un aldéhyde à un acide carboxylique est toujours une oxydation. Du point de vue de la structure, c'est une modification de groupe caractéristique, sans changement de chaîne.

2.2 Écrire la formule de l'ion gluconate en expliquant la démarche, l'acide gluconique étant considéré comme un monoacide.

Un acide est une espèce capable de céder un ion $\mathrm{H^+}$. L'acide gluconique est un monoacide : il n'en cède qu'un seul, celui de son groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$, qui devient le groupe carboxylate $-\mathrm{COO^-}$.

$\mathrm{C_6H_{12}O_7 = C_6H_{11}O_7^- + H^+}$

Ion gluconate : $\mathrm{HOCH_2-(CHOH)_4-COO^-}$, de formule brute $\mathrm{C_6H_{11}O_7^-}$.

PIÈGE
Arracher l'ion $\mathrm{H^+}$ à l'un des groupes hydroxyle. Seul l'hydrogène du groupe carboxyle est acide en solution aqueuse ; les cinq groupes $-\mathrm{OH}$ alcool restent intacts.

2.3 Quelle est l'espèce prédominante lorsque le pH est compris entre 7,2 et 7,4 ? Justifier.

Données utiles $\mathrm{p}K_a = 3{,}3$ pour le couple acide gluconique / ion gluconate

Pour un couple acide-base : si $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_a$, la forme acide prédomine ; si $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_a$, la forme basique prédomine.

Ici, le pH est compris entre 7,2 et 7,4 : il est nettement supérieur à $\mathrm{p}K_a = 3{,}3$.

$\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_a$: l'espèce prédominante est la base du couple, l'**ion gluconate** $\mathrm{C_6H_{11}O_7^-}$.

COMPRENDRE
L'écart est d'environ 4 unités de pH : $\dfrac{[\text{gluconate}]}{[\text{acide}]} = 10^{\,\mathrm{pH}-\mathrm{p}K_a} \approx 10^4$. L'acide gluconique est alors presque entièrement sous forme d'ion gluconate.

3.1 Rédiger le protocole de préparation des 50,0 mL de solution de miel en précisant la verrerie nécessaire.

Matériel : balance, bécher de 50 mL, spatule, agitateur en verre, entonnoir, fiole jaugée de 50,0 mL avec bouchon, pissette d'eau distillée.

- Poser le bécher sur la balance, faire la tare, puis peser 6,0 g de miel à l'aide de la spatule.
- Ajouter un peu d'eau distillée dans le bécher et agiter jusqu'à dissolution du miel.
- Verser la solution dans la fiole jaugée de 50,0 mL à l'aide de l'entonnoir.
- Rincer plusieurs fois le bécher, l'agitateur et l'entonnoir à l'eau distillée en récupérant les eaux de rinçage dans la fiole.
- Remplir la fiole aux deux tiers avec de l'eau distillée, boucher et agiter.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (bas du ménisque sur le trait), boucher et retourner plusieurs fois pour homogénéiser.

Verrerie de précision : une fiole jaugée de 50,0 mL ; le miel est prélevé par pesée (6,0 g).

PIÈGE
Oublier de récupérer les eaux de rinçage : le miel est visqueux et une partie reste collée aux parois. Un bécher ou une éprouvette graduée ne donnent pas un volume de 50,0 mL à cette précision.

3.2 Le miel testé respecte-t-il la réglementation européenne ?

Données utiles $m = 6{,}0$ g de miel dans la solution titrée ; $C_b = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; acidité libre maximale : $40\ \text{meq} \cdot \text{kg}^{-1}$; courbe $\text{pH} = f(V_b)$

L'acidité libre est la quantité d'ions hydroxyde, en millimoles, qui amène 1 kg de miel à $\text{pH} = 7$.

Lecture graphique : la solution, qui contient 6,0 g de miel, atteint $\text{pH} = 7$ pour un volume versé $V_b \approx 13$ mL.

Quantité d'ions hydroxyde apportée pour 6,0 g de miel :

$n(\text{HO}^-) = C_b V_b = 1{,}00 \times 10^{-2} \times 13 \times 10^{-3} = 1{,}3 \times 10^{-4}\ \text{mol} = 0{,}13\ \text{mmol}$

Par proportionnalité, pour 1 kg, soit $1{,}0 \times 10^3$ g de miel :

$$n_{1\,\text{kg}} = 0{,}13 \times \frac{1{,}0 \times 10^3}{6{,}0} = 22\ \text{mmol}$$

L'acidité libre de ce miel vaut environ $22\ \text{meq} \cdot \text{kg}^{-1}$.

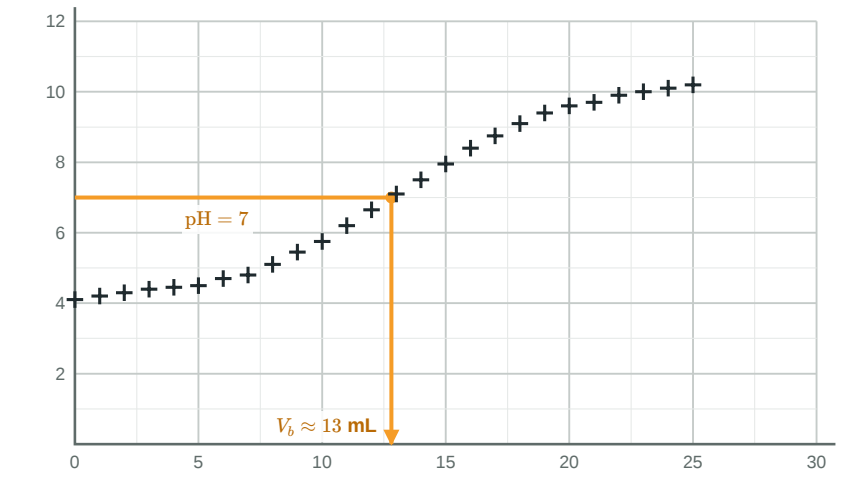
$22\ \text{meq} \cdot \text{kg}^{-1} < 40\ \text{meq} \cdot \text{kg}^{-1}$: le miel testé respecte la réglementation européenne.

PIÈGE

Chercher un volume équivalent par la méthode des tangentes. La définition demande le volume qui amène la solution à $\text{pH} = 7$, pas l'équivalence, qui se situe ici vers 15 mL à un pH proche de 8.

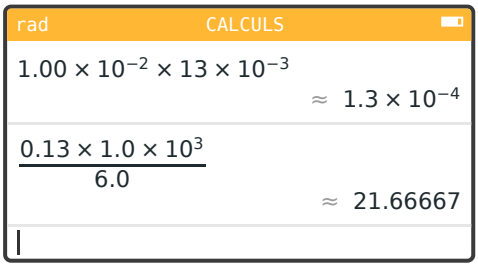
COMPRENDRE

La lecture graphique se fait au millilitre près : une lecture de 12 ou 14 mL donne 20 ou 23 $\text{meq} \cdot \text{kg}^{-1}$, et la conclusion ne change pas. Le volume de 50,0 mL n'intervient pas, car toute la solution est titrée.



3.2 · Courbe de titrage du sujet, avec la lecture du volume versé à pH = 7

À LA CALCULATRICE



Granulométrie d'une poudre

Bac S 2017 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Citer deux propriétés d'un faisceau laser.

Un faisceau laser est **monochromatique** (une seule longueur d'onde) et **directif** (il diverge très peu).

Deux propriétés : monochromatique et directif.

COMPRENDRE
On peut aussi citer la cohérence de la lumière émise ou la concentration spatiale de l'énergie. Deux propriétés suffisent.

1.2 Expliquer pourquoi l'émission de lumière par le laser est dite « stimulée ». Quel est l'intérêt d'apporter de l'énergie électrique au milieu ?

Un photon d'énergie $E_2 - E_1$ qui rencontre un atome de néon dans l'état excité E_2 provoque sa désexcitation vers E_1 (transition (2)). L'atome émet alors un second photon, identique au photon incident : même énergie, même direction, même phase. L'émission est déclenchée par un photon, d'où le mot « stimulée ».

La décharge électrique excite les atomes d'hélium (transition (1)), qui portent ensuite par collision les atomes de néon au niveau E_2.

Émission déclenchée par un photon incident ; l'énergie électrique entretient la population d'atomes de néon excités.

PIÈGE
Confondre avec l'émission spontanée, où l'atome se désexcite seul, à un instant et dans une direction aléatoires.

COMPRENDRE
Sans apport d'énergie, les atomes retombés au niveau E_1 ne seraient plus disponibles et l'amplification cesserait. Cet apport s'appelle le pompage ; il réalise l'inversion de population.

COMPRENDRE
L'émission stimulée et le principe du laser figuraient au programme de Terminale S ; ils ne sont plus exigibles dans le programme actuel de spécialité.

1.3 À quel domaine spectral appartient la radiation émise lors de la transition entre les deux niveaux d'énergie du néon ?

Données utiles $E_2 = 20{,}66$ eV ; $E_1 = 18{,}70$ eV ; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Le photon émis emporte l'énergie perdue par l'atome : $E_2 - E_1 = \dfrac{h\,c}{\lambda}$,

donc $\lambda = \dfrac{h\,c}{E_2 - E_1}$.

$E_2 - E_1 = 20{,}66 - 18{,}70 = 1{,}96$ eV, à convertir en joules.

$$\lambda = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{1{,}96 \times 1{,}60 \times 10^{-19}} = 6{,}34 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

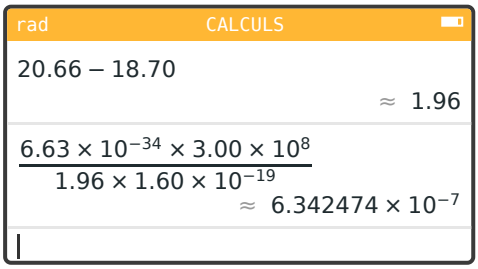
Cette longueur d'onde est comprise entre 400 nm et 800 nm.

$\lambda = 634$ nm : la radiation appartient au domaine **visible** (lumière rouge).

PIÈGE
Laisser l'écart d'énergie en électronvolts : la relation $E = h\,c/\lambda$ exige des joules. Sans conversion, on trouve une valeur absurde.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme h, c et l'écart d'énergie $1{,}96$ eV. Le résultat est cohérent avec l'énoncé, qui annonce une émission de lumière visible.

À LA CALCULATRICE



2.1 Quel est le nom du phénomène observé dans cette expérience ?

La lumière traverse une fente fine et s'étale sur l'écran : tache centrale encadrée de taches secondaires moins lumineuses.

Il s'agit du phénomène de **diffraction**.

COMPRENDRE
La courbe d'intensité le confirme : un maximum central large, puis des maxima secondaires bien plus faibles, séparés par des extinctions.

2.2 Établir l'expression de la demi-largeur d de la tache centrale, puis déterminer la largeur a de la fente dans l'expérience.

Données utiles $\lambda = 532$ nm ; $D = 2{,}00$ m ; $\tan\theta \approx \theta$ (en radians) ; courbe I/I_{max} en fonction de x

Dans le triangle rectangle formé par la fente, le point O et la première extinction : $\tan\theta = \dfrac{d}{D}$. L'angle étant petit, $\theta \approx \dfrac{d}{D}$.

Pour la diffraction par une fente : $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$.

En égalant : $\dfrac{d}{D} = \dfrac{\lambda}{a}$, soit $d = \dfrac{\lambda\, D}{a}$ et donc $a = \dfrac{\lambda\, D}{d}$.

Sur la courbe, l'intensité s'annule pour la première fois en $x = 1{,}0$ mm : $d = 1{,}0$ mm.

$$a = \frac{532 \times 10^{-9} \times 2{,}00}{1{,}0 \times 10^{-3}} = 1{,}1 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

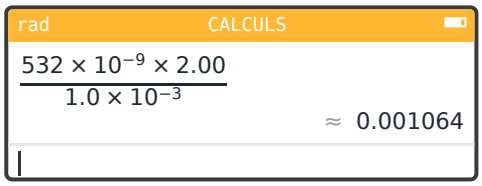
$d = \dfrac{\lambda\, D}{a}$ et $a = 1{,}1$ mm

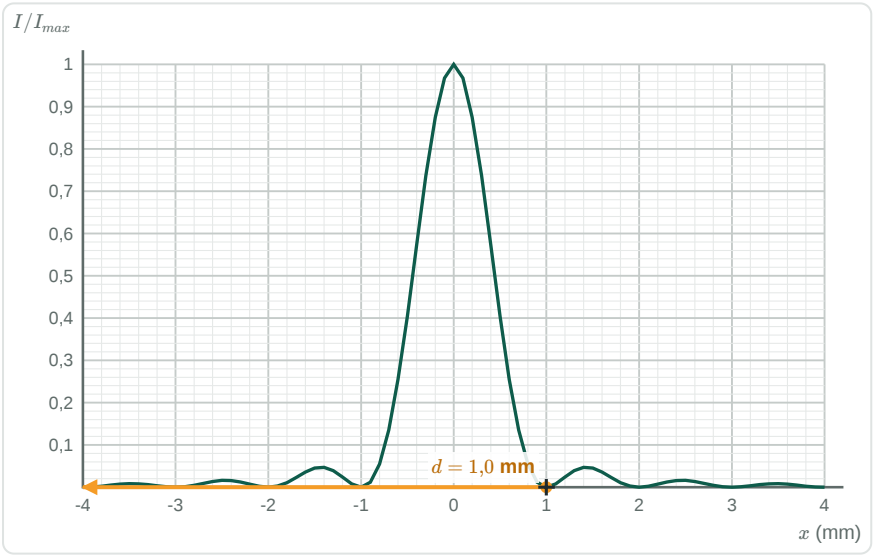
PIÈGE
Prendre pour d la largeur totale de la tache centrale (2,0 mm, de -1 à $+1$ mm) : on trouverait une fente deux fois trop étroite.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement : la lecture graphique de d limite la précision. La longueur d'onde est ici 532 nm (laser vert), et non celle du laser hélium-néon de la partie 1.

MÉTHODE
Diffraction par une fente : 1) $\tan\theta = d/D$ et petits angles ; 2) $\theta = \lambda/a$; 3) égaler, isoler la grandeur cherchée ; 4) tout convertir en mètres.

À LA CALCULATRICE





2.2 · Figure du sujet : lecture de la demi-largeur d de la tache centrale

2.3 Quel sucre, A ou B, aura la qualification « sucre glace » ? Justifier.

Données utiles grosse particule : diamètre supérieur à $0{,}110$ mm ; courbes du nombre de particules en fonction du diamètre (axe logarithmique)

Seuil : $0{,}110\ \text{mm} = 110\ \mu\text{m}$, soit juste après la graduation 100 de l'axe des diamètres.

À droite de ce seuil, la courbe A reste d'abord légèrement au-dessus de la B, puis les courbes se croisent vers 150 µm. Au-delà, jusqu'à 600 µm environ, la courbe B est nettement au-dessus de la A.

Sur l'ensemble des diamètres supérieurs à 110 µm, le sucre B contient donc davantage de particules que le sucre A.

Le sucre **A** contient le moins de grosses particules : c'est lui qui aura la qualification « sucre glace ».

PIÈGE

Comparer les hauteurs des maxima : le sucre A a le pic le plus haut, mais il se situe vers 30 µm, donc parmi les petites particules. Seule la zone au-delà de 110 µm compte.

COMPRENDRE

L'axe horizontal est logarithmique : entre 100 et 1000, les traits verticaux correspondent à 200, 300, 400… Le seuil de 110 µm est donc presque confondu avec la graduation 100.

Spécialité : Instruments à vent : des tuyaux sonores de toutes les longueurs

Bac S 2017 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Indiquer si l'enregistrement proposé correspond à un son pur ou à un son complexe. Justifier.

Le signal enregistré est périodique, mais sa courbe n'est pas une sinusoïde : chaque motif comporte plusieurs maximums de hauteurs différentes.

Il s'agit d'un **son complexe**.

COMPRENDRE
Un son pur donne une sinusoïde et un spectre à un seul pic. Un son complexe est la somme d'un fondamental et d'harmoniques : sa courbe est déformée mais garde la période du fondamental.

1.2 Parmi les instruments cités, quels sont ceux qui peuvent jouer cette note ? Justifier.

Données utiles enregistrement (axe des temps en ms) ; tableau des fréquences de l'octave 3 ; tessitures des cinq instruments

La note est repérée par la fréquence du fondamental, c'est-à-dire par la période T du signal.

Sur l'enregistrement, le grand maximum se retrouve à $t \approx 0{,}3$ ms puis, trois motifs plus loin, à $t \approx 11{,}7$ ms :

$$3T = 11{,}7 - 0{,}3 = 11{,}4 \text{ ms} \quad \text{soit} \quad T = 3{,}8 \text{ ms} = 3{,}8 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3{,}8 \times 10^{-3}} = 2{,}6 \times 10^{2} \text{ Hz}$$

La fréquence du tableau la plus proche de 263 Hz est 261,6 Hz : la note jouée est un Do_3.

Le Do_3 appartient à la tessiture de la flûte ténor (Do_3 à Do_5), de la flûte basse (Fa_2 à Fa_4) et de la clarinette (Ré_2 à Si_5). Il est trop grave pour la flûte alto (à partir de Fa_3) et pour la flûte soprano (à partir de Do_4).

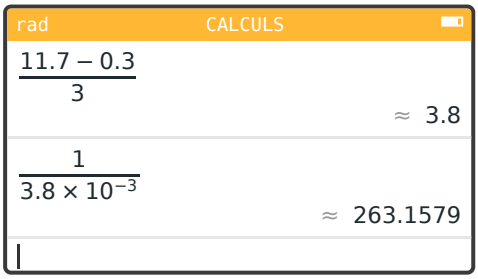
$f \approx 2{,}6 \times 10^{2}$ Hz, soit un Do_3 : la **flûte à bec ténor**, la **flûte à bec basse** et la **clarinette** peuvent le jouer.

PIÈGE
Prendre pour période l'écart entre deux maximums voisins (environ 1 ms). Le motif complet contient quatre maximums ; il faut retrouver le même, à la même hauteur.

COMPRENDRE
Une lecture graphique au dixième de milliseconde donne deux chiffres significatifs. C'est suffisant : la note voisine, Ré_3 à 293,7 Hz, correspondrait à $T = 3{,}4$ ms.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes entre deux points faciles à repérer (ici les grands maximums), puis diviser : l'incertitude de lecture est répartie sur trois motifs.

À LA CALCULATRICE



2 Attribuer à chaque instrument, clarinette et flûte à bec, la relation (a) $L = n\dfrac{\lambda}{2}$ ou (b) $L = (2n-1)\dfrac{\lambda}{4}$ qui convient. Justifier. Problème : la flûte à bec photographiée est-elle basse, ténor, alto ou soprano ?

Données utiles $v = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $f(\text{Ré}_3) = 293{,}7$ Hz ; $f_b = 2f_a$ pour une octave ; tessitures ; deux nœuds successifs sont distants de $\dfrac{\lambda}{2}$; photographies à la même échelle

Question 2. *Flûte à bec* : tuyau ouvert aux deux extrémités, donc un nœud de pression à chaque bout. Le mode 1 présente un seul fuseau entre deux nœuds successifs : $L = \dfrac{\lambda}{2}$. Le mode n en présente n : $L = n\dfrac{\lambda}{2}$, relation **(a)**.

Clarinette : tuyau ouvert à un bout (nœud) et fermé à l'autre (ventre). Un nœud et le ventre voisin sont distants de $\dfrac{\lambda}{4}$: au mode 1, $L = \dfrac{\lambda}{4}$. Chaque mode suivant ajoute un fuseau, soit $\dfrac{\lambda}{2}$: $L = \dfrac{3\lambda}{4}$, puis $\dfrac{5\lambda}{4}$. Donc $L = (2n-1)\dfrac{\lambda}{4}$, relation **(b)**.

Problème. *Longueur réelle de la clarinette.* Tous trous bouchés, elle émet sa note la plus grave, le Ré$_2$, une octave sous le Ré$_3$:

$$f_c = \frac{293{,}7}{2} = 146{,}9\ \text{Hz}$$

Cette note est le fondamental ($n = 1$) : d'après (b), $L_c = \dfrac{\lambda}{4}$ avec $\lambda = \dfrac{v}{f_c}$.

$$L_c = \frac{v}{4f_c} = \frac{340}{4 \times 146{,}9} = 0{,}579\ \text{m}$$

Longueur réelle de la flûte. Sur la photographie, les segments fléchés mesurent $7{,}0$ cm pour la clarinette et $3{,}9$ cm pour la flûte. L'échelle étant la même :

$$L_f = L_c \times \frac{3{,}9}{7{,}0} = 0{,}579 \times \frac{3{,}9}{7{,}0} = 0{,}32\ \text{m}$$

Note la plus grave de la flûte. Tous trous bouchés, d'après (a) avec $n = 1$: $L_f = \dfrac{\lambda}{2}$, donc

$$f_f = \frac{v}{2L_f} = \frac{340}{2 \times 0{,}32} = 5{,}3 \times 10^2\ \text{Hz}$$

Identification. Notes les plus graves des quatre flûtes : Fa$_2$ ($349{,}2 \div 2 = 174{,}6$ Hz), Do$_3$ ($261{,}6$ Hz), Fa$_3$ ($349{,}2$ Hz) et Do$_4$ ($2 \times 261{,}6 = 523{,}2$ Hz). La valeur trouvée est très proche de celle du Do$_4$, loin des trois autres.

Regard critique. Une erreur de 1 mm sur le segment de la flûte déplace f_f d'une quinzaine de hertz : la conclusion ne change pas.

Question 2 : flûte à bec (a), clarinette (b). Problème : $f_f \approx 5{,}3 \times 10^2$ Hz, note la plus grave Do$_4$: c'est une **flûte à bec soprano**.

PIÈGE
Appliquer la même relation aux deux instruments. À longueur égale, le tuyau fermé à un bout sonne une octave plus bas : $f = \dfrac{v}{4L}$ pour la clarinette, $f = \dfrac{v}{2L}$ pour la flûte.

COMPRENDRE
Les modes de vibration d'une colonne d'air relevaient de l'ancien enseignement de spécialité (thème « son et musique ») ; ils ne figurent plus au programme actuel de terminale. Les mesures au millimètre limitent le résultat à deux chiffres significatifs.

MÉTHODE
Deux photographies à la même échelle : une longueur connue par le calcul (la clarinette, grâce à sa note la plus grave) sert d'étalon ; l'autre s'en déduit par proportionnalité.

Flûte à bec : ouvert – ouvert



L = λ/2 : relation (a)

Clarinette : ouvert – fermé



L = λ/4 : relation (b)

2 · Mode 1 dans chaque tuyau : nœuds (N) et ventres (V) de pression

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{293.7}{2} \approx 146.85$$

$$\frac{340}{4 \times 146.85} \approx 0.5788219$$

$$\frac{\frac{340}{4 \times 146.85} \times 3.9}{7.0} \approx 0.3224865$$

$$\frac{2 \times 146.85 \times 7.0}{3.9} \approx 527.1538$$

$$\frac{2 \times 146.85 \times 7.0}{3.8} \approx 541.0263$$