Bac blanc Physique-chimie 2020
CORRECTION

EXERCICE I

1. Optimisation du protocole de synthèse de l'acide lévulinique

1.1. Paramètres modifiés pour la synthèse :
- matière première contenant la cellulose,
- irradiation micro-ondes,
- nature du catalyseur.

1.2. Le recours à l'irradiation micro-ondes permet d'augmenter le rendement de 37% à 45,8%. C'est le seul paramètre qui ait été modifié entre les synthèses 2 et 3.

1.3. Entre les synthèses 2 et 4, le paramètre qui a influencé le rendement est la nature de la matière première.
L'utilisation de boues de papier est plus favorable au rendement que l'utilisation de sciure de peuplier alors que leur teneur en cellulose sont très proches.

1.4. Si l'on compare les synthèses 4 et 6, on constate que l'utilisation du catalyseur acide chlorhydrique est bien plus favorable au rendement (55,1%) que celle de l'acide sulfurique (26,5%). Lors de ces deux synthèses, le changement de catalyseur était le seul paramètre modifié.

1.5. Il faut déterminer la quantité de matière de cellulose n_{Cel} présente dans 1,75 g de boues de papier. On sait que les boues contiennent 57,1% en masse de cellulose.
masse de cellulose contenue dans une masse $m_{\text{matière}}$ de matière première :
$m_{Cel} = 0{,}571.m_{\text{matière}}$ (= 0,571×1,75 g)

quantité de matière de cellulose : $n_{\text{Cel}} = \dfrac{m_{Cel}}{M_{Cel}} = \dfrac{0{,}571.m_{matière}}{M_{Cel}}$

La cellulose est constituée de n motifs, donc sa masse molaire est $M_{Cel} = \text{n}.M$ où M est la masse molaire d'un seul motif.

$$n_{\text{Cel}} = \frac{0{,}571.m_{matière}}{\text{n}.M}$$

Avec un rendement de 100%, n_{Cel} mol de cellulose donnerait $n_{\text{acide}} = \text{n}.n_{\text{Cel}}$ mol d'acide lévulinique.
Mais avec un rendement de 55,5%, on n'obtiendra que n_{exp} mol, soit 55,5% de cette quantité de matière n_{acide} : $n_{\text{exp}} = 0{,}555.n_{\text{acide}}$

$n_{\text{exp}} = 0{,}555.\text{n}.n_{Cel}$

$$n_{\text{exp}} = 0{,}555.\text{n}.\frac{0{,}571.m_{matière}}{\text{n}.M}$$

$$n_{\text{exp}} = 0{,}555 \times \frac{0{,}571.m_{matière}}{M}$$

$m_{\text{exp}} = n_{\text{exp}} \,.\, \text{M}_{\text{acide}}$

$$m_{\text{exp}} = 0{,}555 \times \frac{0{,}571.m_{matière}}{\text{n}.M} \,.\, \text{M}_{\text{acide}}$$

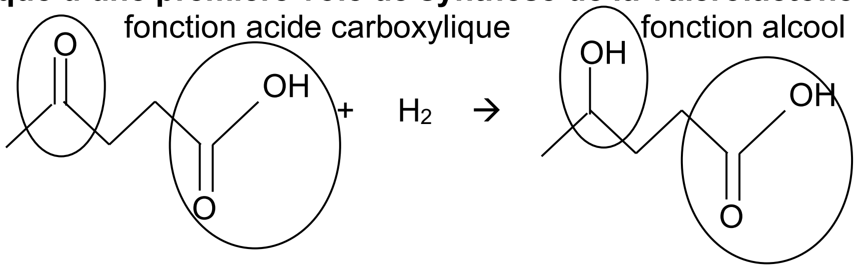
$$m_{\text{exp}} = 0{,}555 \times \frac{0{,}571 \times 1{,}75}{162{,}1} \times 116{,}1 = \mathbf{0{,}397\ g}$$

2.1. Étude théorique d'une première voie de synthèse de la valérolactone

2.1.1.

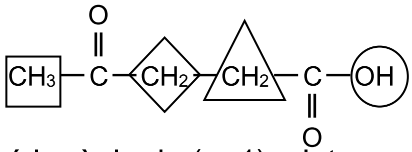
réaction 1

fonction cétone



2.1.2. Il s'agit d'une réaction d'addition au cours de laquelle deux réactifs dont l'un avec une double liaison donnent un produit.

2.1.3.



4 groupes de protons équivalents

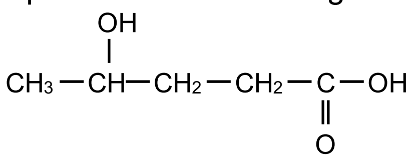
singulet triplet

triplet singulet

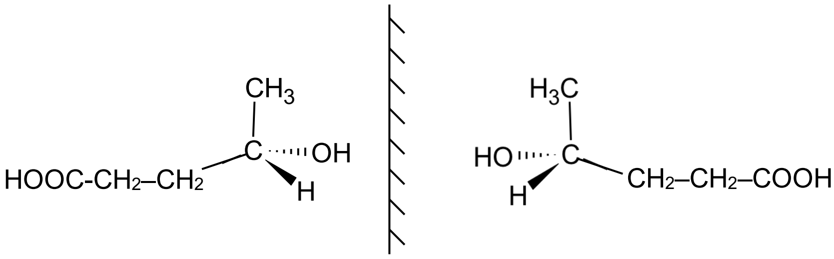
On a utilisé la règle du (n+1)uplet.
Et un proton sur un atome d'oxygène donne toujours un singulet.

2.1.4. Le spectre IR du composé 1 présente une bande caractéristique de la liaison O–H d'un alcool qui n'est pas présente dans le spectre IR de l'acide lévulinique.

Le spectre de RMN du composé 1 contient 6 signaux et non pas 4 comme celui de l'acide lévulinique.

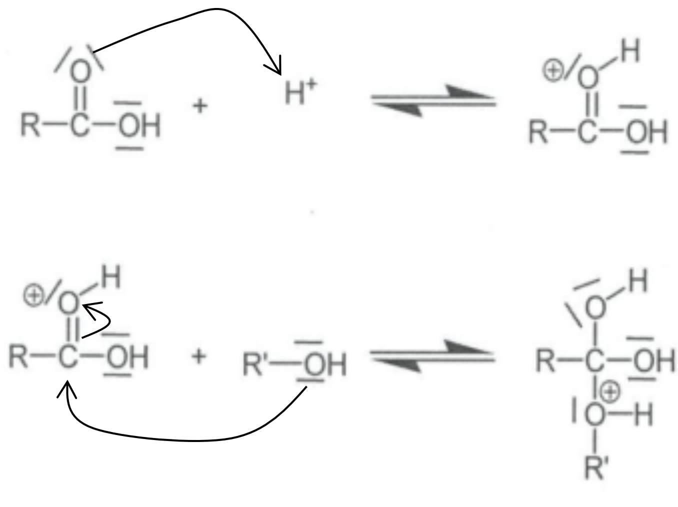


2.1.5.



Le composé 1 possède un seul atome de carbone asymétrique. C'est une molécule chirale qui possède donc deux stéréoisomères images l'un de l'autre dans un miroir plan et non superposables. Ce sont des énantiomères.

2.1.6.



Étape (a)

Étape (b)

2.2. Étude de la deuxième voie de synthèse sélective d'un stéréoisomère de la valérolactone

2.2.1. Les stéréoisomères ne possédant pas les mêmes formes géométriques, ils n'interagissent pas de la même façon avec les sites récepteurs ciblés par le médicament. Il est possible qu'un stéréoisomères soit un médicament efficace alors que l'autre soit inefficace voire nocif.

2.2.2. $n_{acide} = \dfrac{m}{M} = \dfrac{C_m.V}{M_{acide}}$

$n_{acide} = \dfrac{785 \times 0{,}75 \times 10^{-3}}{116{,}1} = 5{,}1 \times 10^{-3}$ mol

2.2.3. D'après les équations des réactions 1' et 2', la consommation d'une mole d'acide lévulinique conduit à la formation d'une mole de valérolactone notée -GLV.

$n_{\text{-GLV formée}} = n_{\text{acide consommée}}$

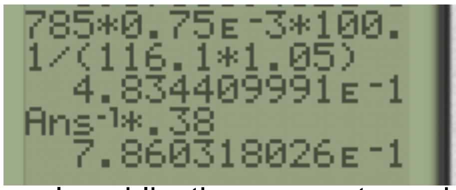
$\dfrac{\rho_{GLV}.V_{max}}{M_{GLV}} = \dfrac{C_m.V}{M_{acide}}$

$V_{max} = \dfrac{C_m.V.M_{GLV}}{M_{acide}.\rho_{GLV}}$ $\quad$ C_m en g.L^{-1} donc V en L, ρ_{GLV} en g.mL^{-1} donc V_{max} en mL

$V_{max} = \dfrac{785 \times 0{,}75 \times 10^{-3} \times 100{,}1}{116{,}1 \times 1{,}05}$ = 0,48 mL

En raison du traitement du milieu réactionnel et de la purification, on n'obtient que V' = 0,38 mL de valérolactone alors qu'avec un rendement de 100 % on pouvait en espérer 0,48 mL.

Le rendement est donc $\eta = \dfrac{V'}{V_{max}}$



$\eta = \dfrac{0{,}38}{0{,}48} = 0{,}79 = 79\%$.

Ce résultat étant à 1% près égal aux 78% indiqué dans la publication, on peut considérer qu'il est compatible avec celle-ci.

EXERCICE II

1. Modèle de la chute libre

1.1. Un objet est en chute libre s'il n'est soumis **qu'à son poids $\vec{P}$**

1.2.1. Système {parachutiste + équipement} de masse m = 80 kg constante et de centre de gravité G.

Référentiel d'étude : référentiel terrestre supposé galiléen ;

Repère d'étude : (O, $\vec{k}$) d'axe Oz vertical orienté vers le bas.

Bilan des forces : $\vec{P} = m\vec{g}$

On applique la deuxième loi de Newton :

$\vec{P} = \dfrac{d\vec{p}}{dt} = \dfrac{d(m\vec{v})}{dt}$

$\vec{P} = m\dfrac{d\vec{v}}{dt}$ **car la masse m est une constante**

Soit $\vec{P} = m\vec{a}$

d'où $m\vec{g} = m\vec{a}$

Et en simplifiant $\vec{a} = \vec{g}$

1.2.2. On projette la relation précédente sur l'axe (Oz) : $a_Z = g_Z$ avec $g_Z = +g$ soit $\boldsymbol{a_Z = g}$

Or $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$

donc $a_Z = \dfrac{dv_Z}{dt}$ soit $\dfrac{dv_Z}{dt} = g$

En primitivant : $v_Z(t) = gt + Cte1$

Or à $t = 0$ s, la vitesse du parachutiste est nulle donc : $v_Z(0) = 0 = 0 + Cte1$ donc $Cte1 = 0$

d'où : $\boldsymbol{v_Z(t) = gt}$

Et $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$

donc $v_Z = \dfrac{dz}{dt}$ soit $\dfrac{dz}{dt} = gt$

En primitivant : $z(t) = \dfrac{1}{2}gt^2 + Cte2$

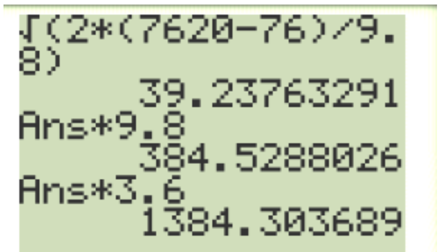
Or à $t = 0$ s, le parachutiste est à l'origine du repère donc : $z(0) = 0 = 0 + Cte2$ donc $Cte2 = 0$

d'où : $\boxed{\mathbf{z(t)} = \dfrac{1}{2}gt^2}$

1.3. L'altitude du saut est H = 7 620 m et l'altitude du filet de réception est h = 76 m.
Par conséquent la durée t_C de la chute jusqu'au filet s'obtient à partir de la relation précédente avec : $z(t_C) = H - h$

soit $\dfrac{1}{2}gt_C^2 = H - h$ donc $t_C^2 = \dfrac{2(H-h)}{g}$ soit $\boxed{t_C = \sqrt{\dfrac{2(H-h)}{g}}}$ *en ne gardant que la solution positive.*

$t_C = \sqrt{\dfrac{2\times(7620-76)}{9{,}8}}$ = **39 s** *(valeur exacte stockée en mémoire)*



La valeur de la vitesse juste avant l'arrivée dans le filet est :

$v = \sqrt{v_Z^2(t_C)} = g.t_C$

soit $\boldsymbol{v}$ = 9,8×39,237 = $\mathbf{3{,}8\times10^2\ m.s^{-1}}$

1.4. On convertit la vitesse en km.h^{-1} :

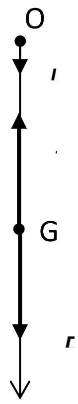
v = 384,528…×3,6 = $\mathbf{1{,}4\times10^3\ km.h^{-1}}$

Cette vitesse est très largement supérieure à la vitesse limite, citée dans l'énoncé, de l'ordre de 200 km.h^{-1} : le modèle de la chute libre ne permet pas de rendre compte de la réalité du saut.

OU

la durée de chute indiquée par le texte est d'environ 2 minutes soit 120 secondes, ce qui est environ 3 fois plus élevé que la durée calculée en appliquant le modèle de la chute libre, qui n'est donc pas adapté.

2. Détermination de la vitesse limite



2.1. Lorsque le parachutiste atteint la vitesse limite, son mouvement est rectiligne et uniforme.
La première loi de Newton indique que les forces se compensent alors :

2.2. On projette la relation précédente selon l'axe (Oz) vertical orienté vers le bas :

$P_Z + f_Z = 0$ soit $P - f = 0 \Leftrightarrow mg = f \quad \Leftrightarrow mg = \frac{1}{2}C_X\rho S v_{lim}^2$

$v_{lim}^2 = \dfrac{mg}{\frac{1}{2}C_X\rho S}$ soit finalement : $\boxed{v_{lim} = \sqrt{\dfrac{2mg}{C_X\rho S}}}$

2.3. $v_{lim} = \sqrt{\dfrac{2\times 80\times 9{,}8}{0{,}50\times 1{,}0\times 1{,}0}} = 56$ m.s^{-1}

$\boldsymbol{v_{lim}}$ = 56×3,6 = **2,0×10^2 km.h^{-1}**

On obtient une vitesse limite de l'ordre de 200 km.h^{-1} compatible avec celle donnée dans le texte introductif.

3. Arrivée dans le filet

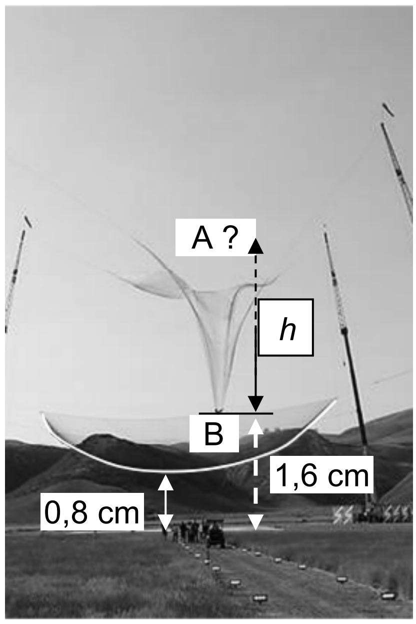
3.1. Énergie cinétique du parachutiste au point A : $E_C(A) = \frac{1}{2}mv_{lim}^2$

$E_C(A) = \frac{1}{2}\times 80\times 56^2 =$ **1,3×10^5 J** *(valeur exacte stockée en mémoire)*

3.2. On a : $E_C(B) - E_C(A) = W_{AB}\left(F\right)$ avec v_B = 0 m.s^{-1} donc $E_C(B)$ = 0 J

D'où : $-\frac{1}{2}mv_{lim}^2 = -mah$ soit $a = \dfrac{v_{lim}^2}{2h}$

3.3. D'après l'expression précédente, il faut déterminer *h*.



<u>Première méthode :</u>
On considère qu'il est difficile de repérer la position du point A.
Le point le plus bas du filet de sécurité (point B) est situé à 10 m du sol en revanche bien visible.

Cela nous donne l'échelle sur la photographie n°2 :
10 m réalité ⇔ 0,8 cm photo
z_B réalité = ? ⇔ 1,6 cm photo
donc : z_B = (10×1,6)/0,8
$z_B \approx$ **20 m.**
Comme z_A = 76 m (dit dans énoncé), on a :
$h = z_A - z_B$
h = 76 – 20 = 56 m

On en déduit la valeur de *a* :

$a = \dfrac{v_{lim}^2}{2h}$ soit $a = \dfrac{56^2}{2\times 56}$ = **28 m.s^{-2}.**

La valeur de *a* est inférieure à 10*g* = 98 m.s^{-2}.
Elle correspond à environ 3*g*.

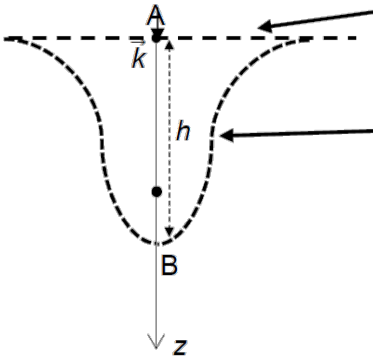
La décélération est donc supportable.

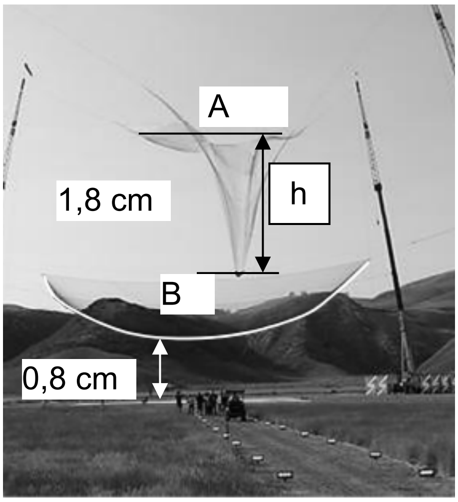
Autre méthode : résultat très différent, mais la démarche est ici plus importante que le résultat.

De la même manière, on trouve l'échelle du document,
mais ensuite on mesure directement la hauteur h.
(on considère qu'elle est bien visible cette fois).

10 m réalité ⇔ 0,8 cm photo
h réalité = ? ⇔ 1,8 cm photo

donc : $h = \frac{1,8 \times 10}{0,8}$ = **22,5 m.**





On en déduit la valeur de a : $a = \frac{v_{lim}^2}{2h}$

soit $a = \frac{56^2}{2 \times 22,5}$ = **70 m.s⁻².**

La valeur de la décélération a est inférieure à 10×g = 98 m.s^{-2}.
La décélération est donc supportable.

EXERCICE III OBLIGATOIRE

1.1. Chaque pic correspond à un harmonique.
Le pic de fréquence 3675 Hz correspond au fondamental.
Le pic de fréquence 7350 Hz est l'harmonique de rang 2 avec une fréquence double de celle du fondamental.
1.2. Le spectre du son du buzzer montre plusieurs pics, il s'agit d'un son complexe. De plus la figure 1 montre que la tension recueillie n'est pas sinusoïdale.
1.3. Sur la figure 1, on lit $8T = \Delta t = 2,18 \times 10^{-3}$ s

$$f_E = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{\Delta t}{8}} = \frac{8}{\Delta t}$$

$f_E = \frac{8}{2,18 \times 10^{-3}}$ = 3669,72 Hz, avec 3 chiffres significatifs f_E = 3,67 kHz.
Comparons avec la fréquence f_S indiquée sur le spectre :

$$\text{Écart relatif} = \frac{|f_E - f_S|}{f_S}$$

$$\text{Écart relatif} = \frac{|3669,7 - 3675|}{3675} = 0,14\ \%$$

L'écart relatif est très faible, les deux valeurs sont en accord.
2.1. Lorsqu'un émetteur sonore est en mouvement relatif par rapport à un récepteur sonore alors la fréquence du son perçu par le récepteur est différente de celle émise.
Si le récepteur s'approche de l'émetteur alors le son paraît plus aigu.
Si le récepteur s'éloigne de l'émetteur alors le son paraît plus grave.

2.2. $v_{son}(\theta°C) = v_{son}(0°C) \times \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}} = 331 \times \sqrt{1 + \frac{25,0}{273}} = 346\ m.s^{-1}$

2.3. On considère que la fréquence du son du buzzer au repos vaut f_E = 3675 Hz.
À l'approche du chariot, on a f_R' = 3690 Hz.

D'après l'énoncé, $f_R' = f_E \cdot \left(\dfrac{v_{son}}{v_{son} - v_c}\right)$.

$(v_{son} - v_c) . f_R' = f_E . v_{son}$
$v_{son} . f_R' - v_c . f_R' = f_E . v_{son}$
$v_{son} . f_R' - f_E . v_{son} = v_c . f_R'$
$v_{son} . (f_R' - f_E) = v_c . f_R'$

$$v_c = \frac{f_R' - f_E}{f_R'} . v_{son}$$

$$v_c = \frac{3690 - 3675}{3690} \times 345{,}8237 = 1{,}406 \text{ m.s}^{-1}$$

On utilise maintenant la partie relative à l'éloignement.
À l'éloignement du chariot, on a f_R = 3658 Hz.

D'après l'énoncé, $f_R = f_E \cdot \left(\dfrac{v_{son}}{v_{son} + v_c}\right)$.

$(v_{son} + v_c) . f_R = f_E . v_{son}$
$v_{son} . f_R + v_c . f_R = f_E . v_{son}$
$v_{son} . f_R - f_E . v_{son} = - v_c . f_R$
$v_{son} . (f_R - f_E) = - v_c . f_R$

$$v_c = \frac{f_E - f_R}{f_R} . v_{son}$$

$$v_c = \frac{3675 - 3658}{3658} \times 345{,}8237 = 1{,}607 \text{ m.s}^{-1}$$

On peut faire la moyenne des deux valeurs v_c = (1,607 + 1,406) / 2 = 1,507 m.s^{-1}.
<u>Autre méthode :</u> On effectue le rapport f_R' / f_R

$$\frac{f_R'}{f_R} = \frac{f_E \cdot \left(\dfrac{v_{son}}{v_{son} - v_c}\right)}{f_E \cdot \left(\dfrac{v_{son}}{v_{son} + v_c}\right)} = \frac{v_{son}}{(v_{son} - v_c)} \cdot \frac{(v_{son} + v_c)}{v_{son}} = \frac{(v_{son} + v_c)}{(v_{son} - v_c)}$$

$$f_R' . (v_{son} - v_c) = f_R . (v_{son} + v_c)$$

$$f_R' . v_{son} - f_R' . v_c = f_R . v_{son} + f_R . v_c$$

$$f_R' . v_{son} - f_R . v_{son} = f_R . v_c + f_R' . v_c$$

$$v_{son} . (f_R' - f_R) = v_c . (f_R . + f_R')$$

$$v_c = \frac{v_{son} . (f_R' - f_R)}{(f_R + f_R')}$$

$$v_c = \frac{345{,}8237392 \times (3690 - 3658)}{(3658 + 3690)} = 1{,}5 \text{ m.s}^{-1}$$

3. Le système est soumis à 3 forces : son poids, La réaction normale du support et les frottements.
Le poids est une force conservative, et la réaction normale du support est une force orthogonale au déplacement donc son travail est nul. Seul le travail des frottements est à prendre en compte.
$\Delta E_M = W(\vec{f})$
$\Delta E_C + \Delta E_{PP} = W(\vec{f}) = \vec{f}.\overrightarrow{AB}$ où $\overrightarrow{AB}$ est le vecteur déplacement de sens opposé au vecteur $\vec{f}$ et de norme AB $= d$.
L'altitude reste constante au cours du mouvement donc $\Delta E_{PP} = 0$.

$$\frac{1}{2}.M.v_f^2 - \frac{1}{2}.M.v_i^2 = f\ .\ d\ .\ \cos 180°$$

La vitesse finale est nulle

$$-\frac{1}{2}.M.v_i^2 = -f.d$$

$$f = \frac{1}{2.d}.M.v_i^2 \qquad f = \frac{1}{2\times 2{,}46}\times 0{,}200\times 1{,}6^2 = \mathbf{0{,}10\ N}$$

EXERCICE III SPECIALITE

Questions préliminaires

1. D'après le sujet, la note jouée a pour fréquence celle de l'harmonique de rang 2.

Par définition, on a $\lambda = \frac{v}{f}$.

Si on note f_0 la fréquence du mode fondamental, et f_1 la fréquence de l'harmonique de rang 2.

La relation liant les fréquences du fondamental et de l'harmonique de rang 2 est $\boxed{f_1 = 2.f_0}$

Sachant que v est constante, si l'on double f alors la longueur d'onde est divisée par 2.

On en déduit que $\boxed{\lambda_1 = \frac{\lambda_0}{2}}$ **(1)**

Le document 1 indique que dans le mode fondamental on a $L = \frac{\lambda_0}{2}$ soit $\boxed{\mathbf{\lambda_0 = 2.L}}$ **(2)**

On combine **(1)** et **(2)**, $\lambda_1 = \frac{2.L}{2}$. Conclusion : $\mathbf{\lambda_1 = L}$

2. Pour le do3, le document 4 indique $f_{do3} = 262$ Hz. $\lambda = \frac{v}{f}$ $\lambda = \frac{340}{262} = 1{,}30$ m

Comme on a établi que $\lambda = L$, alors on vérifie que $\mathbf{L_{do3} = 130\ cm}$.

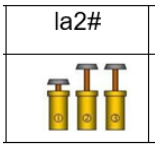
<u>Problème</u>

Expliquer l'intérêt des coulisses et calculer la longueur de chacune des trois coulisses.

- Les coulisses permettent de rallonger la colonne d'air de la longueur de la coulisse associée. On a $\lambda = \frac{v}{f}$ et comme L = λ, alors $\boxed{L = \frac{v}{f}}$

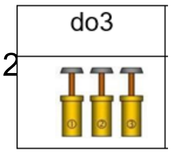
  Que l'on peut écrire $f = \frac{v}{L}$ avec v = cte. Si L augmente alors f diminue, le son devient plus grave. <u>Les coulisses permettent donc de modifier la note jouée.</u>

- <u>Longueur de la première coulisse :</u>



Elle correspond à l'enfoncement du premier piston.
La note jouée est alors un la2# de fréquence $f_{la2\#}$ = 233 Hz.

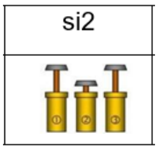
$L_{la2\#} = \frac{v}{f_{la2\#}}$ $L_{la2\#} = \frac{340}{233}$ = **1,46 m**.



Sans enfoncer aucun piston, la note jouée est un do3 de fréquence f_{do3} = 262 Hz.
On a établi la longueur de la colonne d'air correspondant dans la question préliminaire 2
L_{do3} = 130 cm

L'enfoncement du premier piston a rallongé la colonne d'air de $L_1 = L_{la2\#} - L_{do3}$
L_1 = 1,46 – 1,30 = 0,16 m = **16 cm** **La coulisse 1 mesure 16 cm.**

- <u>Longueur de la deuxième coulisse :</u>



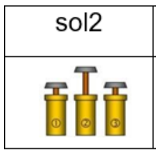
Elle correspond à l'enfoncement du second piston.
La note jouée est alors un si2 de fréquence f_{si2} = 247 Hz.

$L_{si2} = \frac{v}{f_{si2}}$ $L_{si2} = \frac{340}{247}$ = **1,38 m**.

L'enfoncement du second piston a rallongé la colonne d'air de $L_2 = L_{la2\#} - L_{do3}$
L_2 = 1,38 – 1,30 = 0,08 m = **8 cm** **La coulisse 2 mesure 8 cm.**

- <u>Longueur de la troisième coulisse :</u>

Elle correspond à l'enfoncement du troisième piston. Mais cela ne correspond à aucune des notes indiquées dans le tableau du document 3.



Considérons la note sol2, qui correspond à l'enfoncement des pistons 1 et 3.
La note jouée est alors un sol2 de fréquence f_{sol2} = 196 Hz.

$L_{sol2} = \frac{v}{f_{sol2}}$ $L_{sol2} = \frac{340}{196}$ = **1,73 m**.

L'enfoncement des deux pistons a rallongé la colonne d'air de $L = L_{sol2} - L_{do3}$
Or $L = L_1 + L_3$
ainsi $L_3 = L - L_1$
$L_3 = L_{sol2} - L_{do3} - L_1$
L_3 = 1,73 – 1,30 – 0,16 = 0,27 m = **27 cm** **La coulisse 3 mesure 27 cm.**

Expliquer l'intérêt des bagues sur les coulisses 1 et 3 qui permettent d'affiner la longueur des coulisses.
On a vu que plus la colonne d'air est longue et plus la fréquence du son est basse, plus le son est grave.
La note la plus grave que produit la trompette est un fa2# de fréquence $f_{fa2\#}$ = 185 Hz.
Déterminons la longueur de la colonne d'air qui correspond à cette note.

$L_{fa2\#} = \dfrac{v}{f_{fa2\#}}$ $\qquad L_{fa2\#} = \dfrac{340}{185}$ = **1,84 m**.

Pour produire cette note, les 3 pistons sont enfoncés rallongeant la colonne d'air de :
$L_{max} = L_1 + L_2 + L_3$
L_{max} = 16 + 8 + 27 = 51 cm
Sans enfoncer les pistons, la colonne d'air avait pour longueur L_{do3} = 1,30 m.

On constate que l'enfoncement des 3 pistons permet d'obtenir une longueur de :
$L_t = L_{do3} + L_{max}$ = **1,81 m**.

Il manque 3 cm pour obtenir le fa2#.

Les bagues des coulisses 1 et 3 vont permettre de rallonger la colonne d'air des trois centimètres manquants.

<u>Autre méthode</u> : Avec les trois pistons enfoncés $\mathbf{L_t}$ = **1,81 m**, on calcule la fréquence f_t de la note jouée : $f_t = \dfrac{v}{L_t}$

$f_t = \dfrac{340}{1,81}$ = 188 Hz, fréquence qui est supérieure de 3 Hz par rapport à celle de la note fa2# (185 Hz pour 1,84 m).