Corrigé complet — Bac S 2013 Liban (ancien programme)

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

Ex 1	**Acide lactique et médecine animale** Formule topologique et groupes caractéristiques · Chiralité et énantiomères · Spectroscopies IR et RMN · Titrage et incertitudes · Facteurs cinétiques et catalyse	7 pts	1 h 10	13 questions	p. 2
Ex 2	**Le rugby, sport de contact et d'évitement** Référentiel · Conservation de la quantité de mouvement · Deuxième loi de Newton · Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme · Équations horaires et trajectoire	8 pts	1 h 20	8 questions	p. 7
Ex 3	**Le très haut débit pour tous** Supports de transmission de l'information · Fibre optique et réflexion totale · Atténuation linéique en dB/km · Spectre électromagnétique · Synthèse de documents	5 pts	50 min	4 questions	p. 11
Ex 4	**Spécialité : L'implant cochléaire** Hauteur et timbre d'un son · Chaîne de transmission de l'information · Numérisation : échantillonnage et quantification · Niveau d'intensité sonore · Lecture d'un audiogramme	5 pts	50 min	2 questions	p. 13

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.

Acide lactique et médecine animale

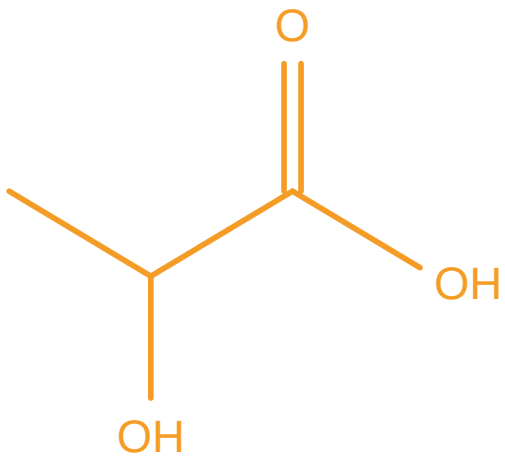
Bac S 2013 Liban (ancien programme) · Exercice 1 **7 points** **Durée conseillée 1 h 10**

1.1.1 Donner la formule topologique de l'acide lactique.

La chaîne carbonée compte trois atomes de carbone, représentés par les sommets et l'extrémité de la ligne brisée ; seuls les atomes O et les H qu'ils portent sont écrits.

Formule topologique : voir la figure ci-dessous.

PIÈGE
Écrire les C ou les H liés aux carbones, ou oublier un sommet. Vérifier en recomptant : trois carbones, trois oxygènes, soit $C_3H_6O_3$.



1.1.1 · Formule topologique de l'acide lactique

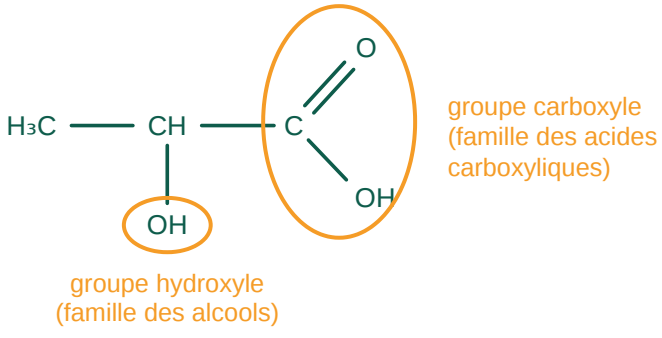
1.1.2 Entourer les groupes caractéristiques de la molécule et les nommer.

La molécule possède deux groupes caractéristiques :

- le groupe hydroxyle $-OH$ porté par le carbone central (famille des alcools) ;
- le groupe carboxyle $-COOH$ en bout de chaîne (famille des acides carboxyliques).

Groupes hydroxyle et carboxyle, entourés sur la figure.

PIÈGE
Entourer séparément $C{=}O$ (« carbonyle ») et $O{-}H$ (« hydroxyle ») dans $-COOH$: l'ensemble forme un seul groupe, le carboxyle. Ne pas confondre le nom du groupe et celui de la famille.



1.1.2 · Groupes caractéristiques de l'acide lactique

1.1.3 Justifier la chiralité de la molécule d'acide lactique, représenter ses stéréoisomères et préciser le type de stéréoisomérie.

Le carbone central est lié à quatre atomes ou groupes d'atomes tous différents : $-H$, $-OH$, $-CH_3$ et $-COOH$. C'est un atome de carbone asymétrique, noté C^*.

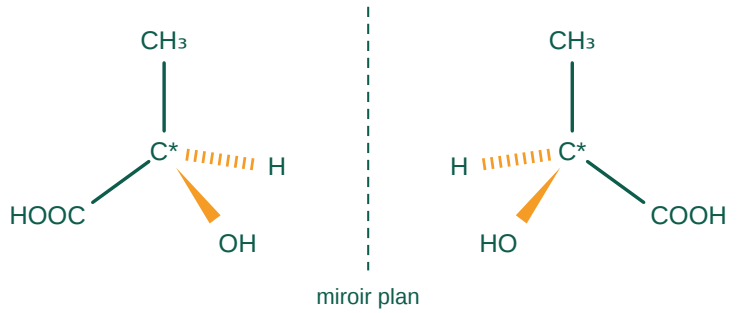
La molécule possède un seul carbone asymétrique : elle est chirale, c'est-à-dire non superposable à son image dans un miroir plan.

Elle existe donc sous la forme de deux stéréoisomères, chacun étant l'image de l'autre dans un miroir sans lui être superposable (figure).

Molécule chirale (un C^*) ; les deux stéréoisomères sont des **énantiomères** (stéréoisomérie de configuration).

COMPRENDRE
Chiralité, carbone asymétrique, énantiomères et représentation de Cram figuraient au programme de Terminale S ; ces notions ne sont plus au programme actuel de la spécialité.

MÉTHODE
Pour dessiner l'autre énantiomère, tracer l'image dans un miroir, ou garder le même dessin et échanger deux des quatre substituants du carbone asymétrique.



1.1.3 · Les deux énantiomères en représentation de Cram : triangle plein vers l'avant, hachures vers l'arrière

1.2.1 Parmi les deux spectres IR du document 1, choisir en justifiant celui de l'acide lactique.

Données utiles $C=O$: 1700 - 1800 cm^{-1} ; $O-H$ (acide carboxylique) : 2500 - 3200 cm^{-1} ; $O-H$ (alcool) : 3200 - 3700 cm^{-1}

L'acide lactique possède une liaison $C=O$ et deux liaisons $O-H$ (alcool et acide carboxylique).

Les deux spectres présentent une bande intense vers 1700 - 1750 cm^{-1} (liaison $C=O$) : elle ne permet pas de trancher.

Seul le spectre n°1 présente une bande très large et intense entre 2500 et 3700 cm^{-1}, qui recouvre les domaines des liaisons $O-H$ de l'acide carboxylique et de l'alcool. Le spectre n°2 n'a, dans ce domaine, que de faibles bandes vers 3000 cm^{-1} (liaisons $C-H$).

Le spectre IR n°1 est celui de l'acide lactique.

PIÈGE
L'axe vertical est la transmittance : une bande d'absorption est un creux, pas un sommet. L'axe horizontal est gradué de droite à gauche.

MÉTHODE
Lister les liaisons de la molécule, puis chercher la bande qui distingue les spectres. Une bande commune aux deux ne justifie rien.

1.2.2 Prévoir, en justifiant, le nombre de signaux du spectre RMN de l'acide lactique et leur multiplicité.

Il y a autant de signaux que de groupes de protons équivalents. La molécule en compte quatre : les 3 H de CH_3, le H de CH, le H de OH (alcool) et le H de COOH.

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

- CH_3 : 1 voisin (le H de CH), donc doublet ;
- CH : 3 voisins (les H de CH_3), donc quadruplet ;
- OH et COOH : protons liés à un oxygène, sans couplage, donc deux singulets.

4 signaux : un doublet (CH_3), un quadruplet (CH) et deux singulets (OH et COOH).

PIÈGE
Compter le H du groupe hydroxyle parmi les voisins de CH : un proton porté par un oxygène ne se couple pas et n'est pas compté.

COMPRENDRE
La spectroscopie de RMN du proton était au programme de Terminale S ; elle ne figure plus au programme actuel de la spécialité.

2.1.1 Écrire l'équation de la réaction support du dosage, l'acide lactique étant noté AH.

L'acide AH réagit avec la base HO^- apportée par la solution d'hydroxyde de sodium (transfert d'un ion H^+) :

$$AH\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow A^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

COMPRENDRE
Une réaction support de titrage est totale : flèche simple. Les ions Na^+ sont spectateurs et n'apparaissent pas dans l'équation.

2.1.2 Exprimer la concentration molaire C_S en acide lactique de la solution S, puis calculer sa valeur.

Données utiles $V_S = 50{,}00$ mL ; $C_1 = 1{,}00 \times 10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_E = 4{,}0$ mL

À l'équivalence, acide et base ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques de l'équation (1 pour 1) :

$n(AH)_{\text{initial}} = n(HO^-)_{\text{versé}}$, soit $C_S \times V_S = C_1 \times V_E$.

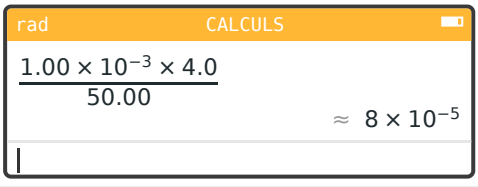
$$C_S = \frac{C_1 \times V_E}{V_S} = \frac{1{,}00 \times 10^{-3} \times 4{,}0}{50{,}00}$$

$$C_S = 8{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

PIÈGE
La totalité de S est dosée : le volume titré est $V_S = 50{,}00$ mL, et non le volume de sang $V = 1{,}00$ mL.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme V_E, la donnée la moins précise. Les deux volumes peuvent rester en mL : leurs unités se simplifient dans le rapport.

À LA CALCULATRICE



2.1.3 En admettant que $\frac{\Delta C_S}{C_S} = \frac{\Delta V_E}{V_E}$, déterminer l'encadrement de la concentration molaire C_S obtenue par le vétérinaire.

Données utiles $V_E = (4{,}0 \pm 0{,}4)$ mL ; $C_S = 8{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (2.1.2)

$$\Delta C_S = C_S \times \frac{\Delta V_E}{V_E} = 8{,}0 \times 10^{-5} \times \frac{0{,}4}{4{,}0} = 0{,}8 \times 10^{-5}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Donc $C_S = (8{,}0 \pm 0{,}8) \times 10^{-5}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, c'est-à-dire $(8{,}0 - 0{,}8) \times 10^{-5} \leqslant C_S \leqslant (8{,}0 + 0{,}8) \times 10^{-5}$.

$$7{,}2 \times 10^{-5}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \leqslant C_S \leqslant 8{,}8 \times 10^{-5}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

COMPRENDRE
L'hypothèse est vérifiée : $\frac{\Delta V_E}{V_E} = 10\ \%$, contre $1\ \%$ pour C_1 et $0{,}1\ \%$ pour V_S, soit au moins dix fois moins.

MÉTHODE
Incertitude relative (en %) puis incertitude absolue ΔX (même unité que X), enfin encadrement $X - \Delta X \leqslant X \leqslant X + \Delta X$, avec le même rang décimal pour la valeur et l'incertitude.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{8.0 \times 10^{-5} \times 0.4}{4.0}$

$\approx 8 \times 10^{-6}$

2.1.4 En déduire l'encadrement de la concentration molaire C en acide lactique du sang du cheval.

Données utiles $V = 1{,}00$ mL ; $V_S = 50{,}00$ mL ; encadrement de C_S (2.1.3)

Tout l'acide lactique contenu dans le volume V de sang se retrouve dans la solution S : la quantité de matière est conservée.

$C \times V = C_S \times V_S$, donc $C = C_S \times \dfrac{V_S}{V} = C_S \times \dfrac{50{,}00}{1{,}00} = 50{,}0 \times C_S$.

$50{,}0 \times 7{,}2 \times 10^{-5} \leqslant C \leqslant 50{,}0 \times 8{,}8 \times 10^{-5}$

$3{,}6 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \leqslant C \leqslant 4{,}4 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, soit $C = (4{,}0 \pm 0{,}4) \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

COMPRENDRE
Le sang est 50 fois plus concentré que S. Les incertitudes relatives sur V et V_S étant négligeables, celle sur C reste égale à 10 %.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$50.0 \times 7.2 \times 10^{-5}$

≈ 0.0036

$50.0 \times 8.8 \times 10^{-5}$

≈ 0.0044

2.2 À l'aide des documents 2 et 3, déterminer si le cheval est actuellement en meilleure forme que trois semaines auparavant.

Données utiles $M = 90{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; encadrement de C (2.1.4) ; vitesse du test : 500 m/min ; seuil du paramètre V4 : $0{,}36\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

Concentration massique actuelle, à 500 m/min : $C_m = C \times M$.

$C_m = 4{,}0 \times 10^{-3} \times 90{,}0 = 0{,}36\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, avec $3{,}6 \times 10^{-3} \times 90{,}0 \leqslant C_m \leqslant 4{,}4 \times 10^{-3} \times 90{,}0$, soit $0{,}32\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} \leqslant C_m \leqslant 0{,}40\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Trois semaines auparavant (document 2), à la même vitesse de 500 m/min : $C'_m \approx 0{,}18\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Même en tenant compte de l'incertitude, la concentration actuelle ($\geqslant 0{,}32\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) est nettement supérieure à celle d'il y a trois semaines, pour la même vitesse.

De plus, le seuil de $0{,}36\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (document 3) est aujourd'hui atteint dès 500 m/min, alors qu'il ne l'était qu'à environ 600 m/min : le paramètre V4 a diminué.

Le cheval est en moins bonne forme que trois semaines auparavant.

PIÈGE
Comparer des mol/L à des g/L. Le document 2 est en concentration massique : il faut convertir avec M avant toute comparaison, et comparer à la même vitesse.

MÉTHODE
Pour comparer une mesure à une valeur de référence, utiliser l'encadrement : la conclusion n'est sûre que si la référence est en dehors de l'intervalle.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$4.0 \times 10^{-3} \times 90.0$

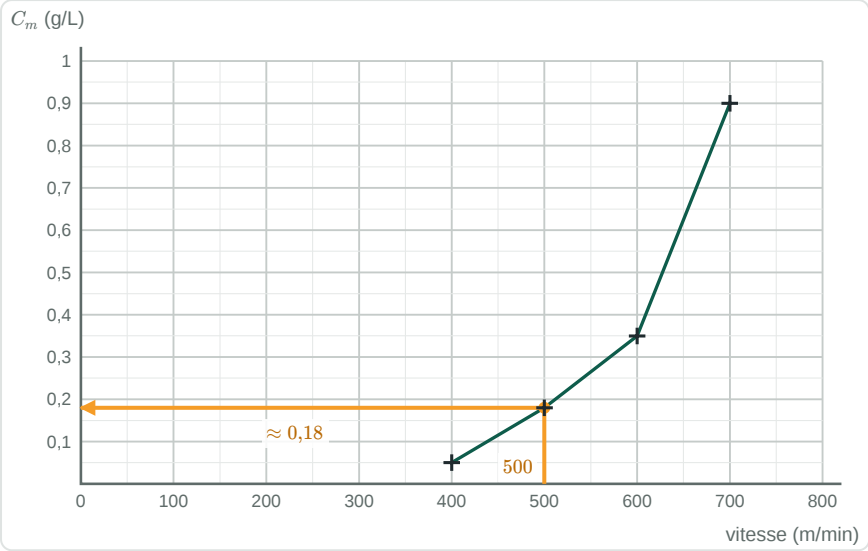
≈ 0.36

$3.6 \times 10^{-3} \times 90.0$

≈ 0.324

$4.4 \times 10^{-3} \times 90.0$

≈ 0.396



2.2 · Document 2 : lecture de la concentration massique à 500 m/min, trois semaines auparavant

3.1 La polymérisation de l'acide lactique est-elle lente ou rapide ? Justifier.

D'après le document 4, il faut chauffer le mélange à 110 °C pendant environ trente minutes pour obtenir le polymère : la transformation n'est pas achevée dès la mise en contact des réactifs, son évolution s'étale sur une longue durée.

La polymérisation est une réaction lente.

COMPRENDRE
Une transformation est dite rapide si elle semble terminée dès le mélange des réactifs, lente si l'on peut suivre son évolution pendant plusieurs secondes, minutes ou heures.

3.2 Citer un paramètre influençant l'évolution temporelle de cette réaction chimique.

Le protocole impose un chauffage à 110 °C : plus la température est élevée, plus la durée de la réaction est courte.

La température est un facteur cinétique (on peut aussi citer la présence d'un catalyseur).

3.3 Proposer un protocole permettant de vérifier que l'acide sulfurique est un catalyseur de cette réaction.

On réalise deux expériences en parallèle, en ne changeant qu'un seul paramètre :

- bécher A : 10 mL d'acide lactique pur et quelques gouttes d'acide sulfurique (protocole du document 4) ;
- bécher B : 10 mL d'acide lactique pur, sans acide sulfurique.

Les deux béchers sont chauffés à 110 °C, dans le même bain, avec la même agitation et pendant la même durée (30 min), puis on les laisse refroidir.

Observation attendue : le contenu du bécher A s'est solidifié (polymère formé), celui du bécher B est encore liquide ou beaucoup moins transformé.

La réaction est plus rapide en présence d'acide sulfurique, qui n'apparaît pas dans son bilan : c'est un catalyseur.

COMPRENDRE
Un catalyseur accélère la réaction sans être consommé : il est régénéré et n'apparaît pas dans l'équation. Il ne modifie pas l'état final.

MÉTHODE
Pour tester l'influence d'un facteur, toujours une expérience témoin : même température, mêmes quantités, même durée, seul le facteur étudié change.

Le rugby, sport de contact et d'évitement

Bac S 2013 Liban (ancien programme) · Exercice 2 **8 points** **Durée conseillée 1 h 20**

1.1 Dans quel référentiel les vitesses des joueurs sont-elles définies ?

On mesure ces vitesses par rapport au sol du terrain : c'est le **référentiel terrestre**.

COMPRENDRE
Une vitesse n'a de sens que par rapport à un référentiel. Ici « vitesse négligeable » pour B veut dire : B est quasiment immobile par rapport au sol.

1.2 Le système des deux joueurs étant supposé isolé, exprimer en justifiant la vitesse des deux joueurs liés après l'impact, puis la calculer.

Données utiles $m_A = 115$ kg ; $v_A = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $m_B = 110$ kg ; $v_B \approx 0$

Système {joueur A + joueur B}, dans le référentiel terrestre. Il est isolé : sa quantité de mouvement se conserve entre juste avant et juste après l'impact.

$$\vec{p}_{\text{avant}} = \vec{p}_{\text{après}} \quad \Rightarrow \quad m_A\,\vec{v}_A + m_B\,\vec{v}_B = (m_A + m_B)\,\vec{v}$$

Comme $\vec{v}_B \approx \vec{0}$: $\vec{v} = \dfrac{m_A}{m_A + m_B}\,\vec{v}_A$. Les joueurs liés partent dans le sens du mouvement initial de A, avec

$$v = \frac{m_A}{m_A + m_B}\,v_A = \frac{115}{115 + 110} \times 5{,}0 = 2{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

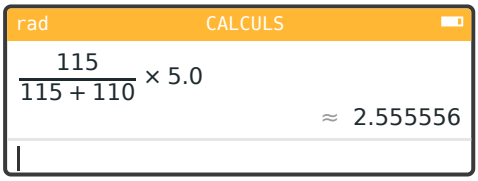
$$\boxed{v = \frac{m_A\,v_A}{m_A + m_B} = 2{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$$

PIÈGE
Diviser par m_B au lieu de $m_A + m_B$: après l'impact, ce sont les deux joueurs qui avancent ensemble.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $v_A = 5{,}0$: la donnée la moins précise fixe la précision du résultat.

COMPRENDRE
La quantité de mouvement et sa conservation ne figurent plus au programme actuel de spécialité ; ce raisonnement reste juste mais n'est plus exigé au bac.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Établir les coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération du point M représentant le ballon.

Référentiel terrestre supposé galiléen ; système étudié : le ballon, de masse m invariable. L'air étant négligé, la seule force qui s'exerce est le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

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

$\vec{g}$ est vertical, vers le bas, donc de sens opposé à $\vec{j}$:

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

PIÈGE
Écrire $a_y = g$: l'axe Oy est orienté vers le haut alors que $\vec{g}$ pointe vers le bas.

MÉTHODE
Toujours dans cet ordre : système, référentiel galiléen, bilan des forces, deuxième loi de Newton, puis projection sur les axes du repère.

2.1.2 Montrer que les équations horaires du mouvement de M sont $x(t) = (v_0 \cos\alpha)\,t$ et $y(t) = -\frac{1}{2}g\,t^2 + (v_0 \sin\alpha)\,t$.

Données utiles $\vec{v}(0) = \vec{v}_0$, faisant l'angle α avec Ox ; M en O à $t = 0$; $a_x = 0$, $a_y = -g$ (2.1.1)

$\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$: on cherche les primitives de a_x et a_y.

$v_x(t) = C_1$ et $v_y(t) = -g\,t + C_2$.

À $t = 0$: $v_x(0) = v_0 \cos\alpha$ et $v_y(0) = v_0 \sin\alpha$, donc $C_1 = v_0 \cos\alpha$ et $C_2 = v_0 \sin\alpha$:

$$v_x(t) = v_0 \cos\alpha \qquad v_y(t) = -g\,t + v_0 \sin\alpha$$

$\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OM}}{\mathrm{d}t}$: nouvelle primitive.

$x(t) = (v_0 \cos\alpha)\,t + C_3$ et $y(t) = -\frac{1}{2}g\,t^2 + (v_0 \sin\alpha)\,t + C_4$.

À $t = 0$, M est en O : $x(0) = 0$ et $y(0) = 0$, donc $C_3 = C_4 = 0$.

$x(t) = (v_0 \cos\alpha)\,t$ et $y(t) = -\dfrac{1}{2}g\,t^2 + (v_0 \sin\alpha)\,t$: ce sont bien les équations attendues.

PIÈGE
Oublier les constantes d'intégration ou ne pas les déterminer : c'est la justification par les conditions initiales qui rapporte les points.

2.1.3 En déduire l'équation de la trajectoire $y(x)$.

De $x = (v_0 \cos\alpha)\,t$ on tire $t = \dfrac{x}{v_0 \cos\alpha}$, que l'on reporte dans $y(t)$:

$$y = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0 \cos\alpha}\right)^2 + v_0 \sin\alpha \times \frac{x}{v_0 \cos\alpha}$$

Avec $\dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \tan\alpha$:

$$y(x) = -\frac{g}{2\,(v_0 \cos\alpha)^2}\,x^2 + (\tan\alpha)\,x$$

MÉTHODE
Équation de trajectoire = éliminer le temps : isoler t dans l'équation la plus simple, ici $x(t)$, puis le remplacer dans l'autre.

2.1.4 Sur l'annexe, écrire sous chaque courbe l'expression de la grandeur (x, y, v_x, v_y) qui lui correspond, et justifier.

Données utiles $v_0 \cos\alpha = 5{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$; $v_0 \sin\alpha = 8{,}7\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

En haut à gauche : $v_x(t) = v_0 \cos\alpha$. Droite horizontale : seule v_x est constante ; on lit bien $5\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} = 10{,}0 \times \cos 60^\circ$.

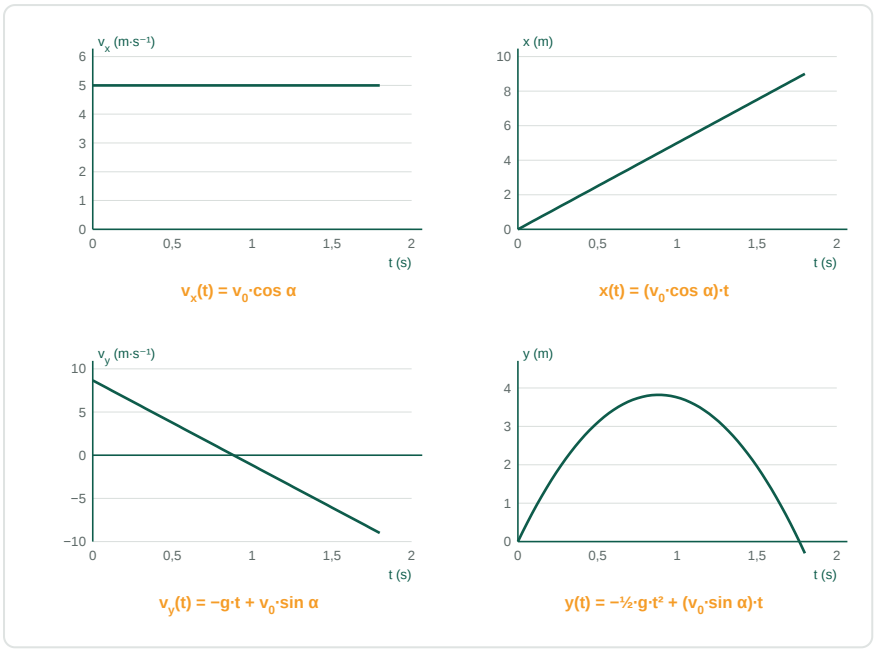
En haut à droite : $x(t) = (v_0 \cos\alpha)\,t$. Droite passant par l'origine : seule x est proportionnelle au temps.

En bas à gauche : $v_y(t) = -g\,t + v_0 \sin\alpha$. Droite décroissante qui ne passe pas par l'origine : seule v_y est une fonction affine du temps de coefficient directeur négatif $-g$; elle part de $8{,}7\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ et s'annule au sommet de la trajectoire.

En bas à droite : $y(t) = -\frac{1}{2}g\,t^2 + (v_0 \sin\alpha)\,t$. Parabole tournée vers le bas : seule y est un polynôme du second degré en t, de coefficient $-\frac{g}{2} < 0$.

v_x (droite horizontale), x (droite par l'origine), v_y (droite décroissante), y (parabole)

MÉTHODE
Associer une courbe à une expression par sa forme : constante, linéaire, affine, second degré. Confirmer avec une valeur lue, par exemple l'ordonnée à l'origine.



2.1.4 · Annexe complétée : la grandeur sous chaque courbe

2.2.1 Calculer la durée dont dispose le joueur pour récupérer le ballon avant qu'il ne touche le sol, puis vérifier cette valeur sur un graphe de l'annexe.

Données utiles $v_0 = 10{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\alpha = 60^\circ$; $g = 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$; $y(t)$ (2.1.2)

Le ballon touche le sol quand $y(t) = 0$: $t\left(-\frac{1}{2}g\,t + v_0 \sin\alpha\right) = 0$.

La solution $t = 0$ est l'instant du coup de pied. L'autre solution donne la date de retour au sol :

$$t_s = \frac{2\,v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{2 \times 10{,}0 \times \sin 60^\circ}{9{,}81} = 1{,}77\ \text{s}$$

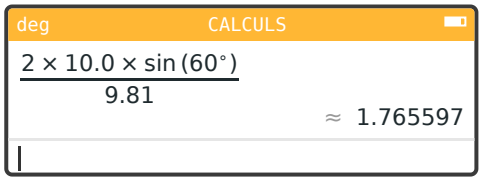
Vérification : sur le graphe $y(t)$ de l'annexe, la parabole recoupe l'axe des temps vers 1,77 s (tracé ci-contre).

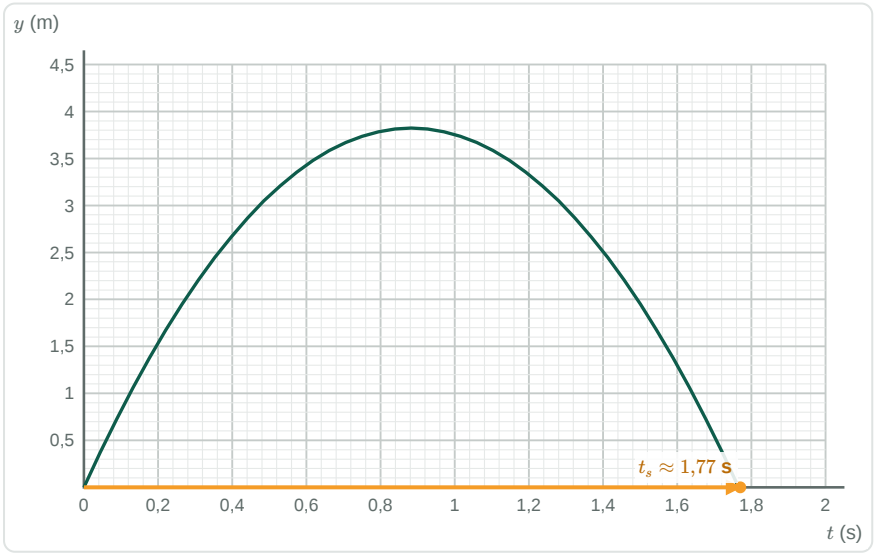
$t_s = 1{,}77$ s

PIÈGE
Calculatrice en radians : $\sin(60)$ en radians donne un résultat négatif, absurde pour une durée.

COMPRENDRE
Le sommet est atteint à $t_s/2 \approx 0{,}88$ s, quand v_y s'annule : on le retrouve sur le graphe $v_y(t)$.

À LA CALCULATRICE





2.2.1 · Graphe $y(t)$ de l'annexe : le ballon revient au sol à $t_s \approx 1{,}77$ s

2.2.2 Déterminer de deux manières différentes la vitesse v_1 du joueur pour que la chandelle soit réussie.

Données utiles $v_0 = 10{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\alpha = 60^\circ$; $t_s = 1{,}77$ s (2.2.1)

La chandelle est réussie si le joueur, en mouvement rectiligne uniforme selon Ox, se trouve sous le ballon quand il retombe.

Méthode 1. Le joueur et le ballon partent de la même abscisse ; ils restent à la même abscisse si leurs vitesses horizontales sont égales : $v_1 = v_x = v_0 \cos\alpha$.

$$v_1 = 10{,}0 \times \cos 60^\circ = 5{,}00\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

(c'est aussi la valeur constante lue sur le graphe $v_x(t)$ de l'annexe).

Méthode 2. Pendant t_s, le ballon parcourt horizontalement $d = x(t_s) = (v_0 \cos\alpha)\, t_s = 10{,}0 \times \cos 60^\circ \times 1{,}766 = 8{,}83$ m.

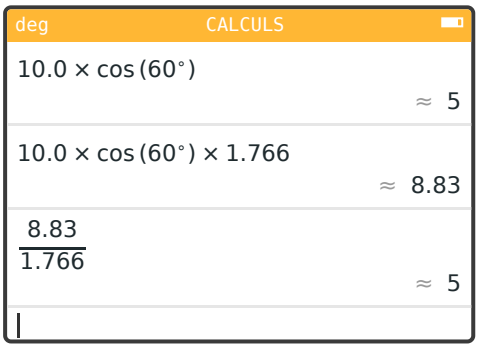
Le joueur doit parcourir la même distance pendant la même durée : $v_1 = \dfrac{d}{t_s} = \dfrac{8{,}83}{1{,}766} = 5{,}00\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$v_1 = 5{,}00\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ par les deux méthodes

PIÈGE
Utiliser $v_0 = 10{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ comme vitesse du joueur : seule la composante horizontale du ballon compte.

MÉTHODE
Dans un calcul en chaîne, garder la valeur non arrondie de t_s et n'arrondir que le résultat final.

À LA CALCULATRICE



Le très haut débit pour tous

Bac S 2013 Liban (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Rédiger, en 20 lignes au maximum, une synthèse argumentée répondant à la problématique : « La fibre optique est-elle synonyme d'avenir incontournable pour la transmission d'informations ? »

Une information peut être transmise par trois types de support : un câble électrique (fil de cuivre), une fibre optique, ou l'air et le vide, où se propagent librement des ondes électromagnétiques (transmission hertzienne).

Une fibre optique comporte un cœur d'indice n_1 entouré d'une gaine d'indice $n_2 < n_1$ (document 6). Le rayon lumineux arrive sur la surface cœur-gaine avec un angle d'incidence θ supérieur à l'angle limite θ_2, défini par $\sin\theta_2 = \dfrac{n_2}{n_1}$ (document 7) : il n'y a pas de rayon réfracté, toute la lumière est réfléchie. Par réflexions totales successives, le signal reste guidé dans le cœur jusqu'à la sortie.

Points forts (document 5) : la fibre est insensible aux ondes électromagnétiques extérieures ; son atténuation est très faible ($0{,}2$ dB/km contre 10 dB/km pour le cuivre), donc le signal va loin sans être réamplifié ; sa grande largeur de bande permet de transporter beaucoup d'informations à la fois. Le débit passerait ainsi de 1 à 20 mégabits par seconde à 100 mégabits par seconde (document 1).

Points faibles : le réseau de fibres est encore peu implanté, alors que le réseau de cuivre couvre déjà le territoire (document 5). Il faut donc le construire : $1{,}8$ milliard d'euros pour la seule Bretagne, avec un chantier qui s'étend jusqu'en 2030 (document 1).

L'enjeu est d'offrir à tous les foyers un débit suffisant pour la télévision haute définition, la vidéo et Internet, au prix d'un investissement lourd et long.

La fibre optique est le support le plus performant et s'impose pour le très haut débit, mais elle n'est pas la seule solution : son coût et la durée du déploiement laissent une place au cuivre déjà installé et aux liaisons hertziennes.

PIÈGE
Recopier le tableau du document 5 sans expliquer le fonctionnement de la fibre. La condition $n_2 < n_1$ et l'angle d'incidence supérieur à l'angle limite sont attendus.

COMPRENDRE
Le débit binaire (en bit par seconde), évoqué dans le document 1, relevait de l'ancien programme : il ne figure plus dans le programme actuel de spécialité.

MÉTHODE
Suivre l'ordre imposé par l'énoncé : trois supports, principe de la fibre, points forts et faibles, réponse. Citer le numéro du document à chaque argument et terminer par une réponse nette à la problématique.

2.1 À l'aide des documents, déterminer le domaine du spectre électromagnétique à utiliser pour obtenir une transmission d'atténuation minimale avec une fibre optique en silice.

Sur le document 3, la courbe d'atténuation linéique passe par son minimum (un peu plus de $0{,}1$ dB/km) pour une longueur d'onde $\lambda \approx 1{,}55\ \mu\text{m}$, soit $\lambda \approx 1{,}55 \times 10^{-6}$ m.

D'après le document 4, cette valeur est comprise entre 10^{-6} m et 10^{-4} m.

Il faut utiliser des radiations **infrarouges** ($\lambda \approx 1{,}55 \times 10^{-6}$ m).

PIÈGE
Le document 3 est gradué en micromètres, le document 4 en mètres : convertir avant de comparer. Ne pas retenir le pic situé vers $1{,}4\ \mu\text{m}$, qui est un maximum local d'atténuation.

COMPRENDRE
L'axe vertical du document 3 est logarithmique : entre $0{,}1$ et 1, les graduations ne sont pas régulièrement espacées. Seule la position du minimum compte ici.

2.2.1 En utilisant le document 2, montrer que l'atténuation du signal, calculée par le produit $\alpha \times L$, est égale à 20 dB à l'instant où le signal est réamplifié.

Données utiles $\alpha = \frac{10}{L} \log \frac{P_e}{P_s}$; réamplification dès que P_s atteint 1 % de P_e

D'après le document 2 : $\alpha \times L = 10 \log \frac{P_e}{P_s}$.

À l'instant de la réamplification, $P_s = \frac{1}{100} P_e$, donc $\frac{P_e}{P_s} = 100$.

$$\alpha \times L = 10 \log(100) = 10 \times 2$$

$\alpha \times L = 20$ dB : c'est bien la valeur attendue.

PIÈGE
Inverser le rapport : $\log \frac{P_s}{P_e} = \log(0{,}01) = -2$ donnerait -20 dB. L'atténuation est définie avec la puissance d'entrée au numérateur.

COMPRENDRE
$\log$ est le logarithme décimal : $\log(10^n) = n$. Chaque division de la puissance par 10 ajoute 10 dB d'atténuation ; une division par 100 correspond donc à 20 dB.

2.2.2 Combien d'amplificateurs sont nécessaires pour une liaison Rennes-Strasbourg (environ 900 km) par fibre optique, puis par câble électrique ? Conclure.

Données utiles $\alpha \times L = 20$ dB (2.2.1) ; fibre : $\alpha_f = 0{,}2$ dB/km ; cuivre : $\alpha_c = 10$ dB/km ; $d = 900$ km

Le signal doit être réamplifié dès que la distance parcourue atteint $L = \frac{20}{\alpha}$.

Fibre optique : $L_f = \frac{20}{0{,}2} = 100$ km, soit $\frac{d}{L_f} = \frac{900}{100} = 9$ amplificateurs.

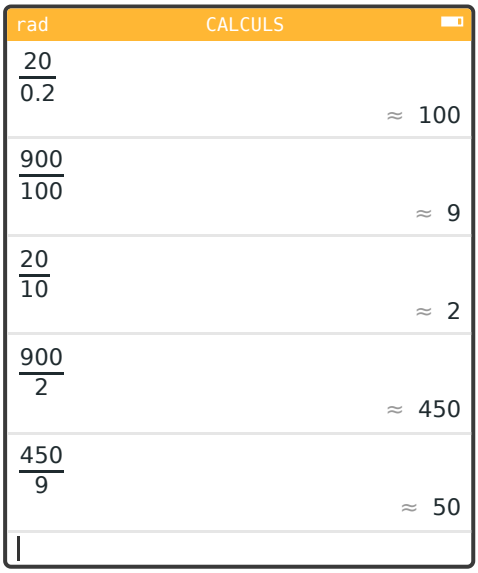
Câble électrique : $L_c = \frac{20}{10} = 2$ km, soit $\frac{d}{L_c} = \frac{900}{2} = 450$ amplificateurs.

Il faut 9 amplificateurs avec la fibre contre 450 avec le câble, soit 50 fois moins : la fibre optique est bien plus avantageuse pour une liaison à longue distance.

PIÈGE
« Conclure » exige une comparaison chiffrée entre les deux supports, pas seulement deux nombres. Garder les longueurs en kilomètres, puisque α est en dB/km.

COMPRENDRE
Le dernier amplificateur compté se trouve à l'arrivée, à Strasbourg. Répondre 8 et 449 amplificateurs placés en cours de ligne est tout aussi juste, à condition de le justifier.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : L'implant cochléaire

Bac S 2013 Liban (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Rédiger, en 20 lignes maximum, une synthèse argumentée : comment rendre l'implant cochléaire plus performant pour que la réadaptation devienne inutile ?

Les sons audibles. L'oreille humaine perçoit les sons de fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz. Deux grandeurs les distinguent. La **hauteur** est fixée par la fréquence du fondamental : plus elle est élevée, plus le son est aigu. Le **timbre** dépend du nombre et de l'amplitude des harmoniques : le son 1 du document 4 (un seul pic) est pur, le son 2 (plusieurs pics) est complexe. Pour qu'un son soit reconnu, l'implant doit restituer sa hauteur et son timbre.

La chaîne de transmission (document 1). La source est le son qui arrive à l'oreille. Le processeur vocal ① est l'émetteur : son microphone capte le son, qui est ensuite analysé et codé en signal numérique. L'antenne ② l'envoie à travers la peau, canal de transmission, par une propagation libre. La partie implantée ③ est le récepteur : elle conduit le signal électrique, par une propagation guidée, jusqu'aux électrodes ④ placées dans la cochlée, destinataire de l'information.

La dégradation. Elle se produit dans le processeur vocal, lors de la conversion analogique-numérique. Le document 2 montre que la tension n'est mesurée qu'à chaque période T_e et que chaque mesure est codée sur 3 bits, donc sur $2^3 = 8$ niveaux seulement. Le signal en escalier s'écarte de la tension du microphone : une partie de l'information est perdue, comme pour le mot « CLARTÉ » dégradé du document 3.

L'amélioration. On peut agir sur la période d'échantillonnage : en diminuant T_e (fréquence d'échantillonnage $f_e = \dfrac{1}{T_e}$ plus grande), les mesures sont plus rapprochées et les variations rapides du signal, donc les harmoniques aigus, sont mieux restituées. On peut aussi augmenter le nombre de bits : les paliers sont alors plus fins.

Diminuer la période d'échantillonnage T_e (et augmenter le nombre de bits) : le signal numérique est plus fidèle au son, qui devient reconnaissable sans réadaptation.

PIÈGE
Proposer d'augmenter la période T_e. C'est la fréquence d'échantillonnage qu'il faut augmenter, donc T_e qu'il faut diminuer. Une évolution donnée sans justification ne rapporte pas tous les points.

COMPRENDRE
Hauteur, timbre et harmoniques ne figurent plus au programme actuel de la spécialité de Terminale ; ils étaient au programme du Bac S et restent utiles pour lire un spectre.

MÉTHODE
Suivre l'ordre imposé par l'énoncé : un paragraphe par consigne (sons, chaîne, dégradation, paramètre et son évolution), chacun appuyé sur un document cité par son numéro, puis une phrase qui répond à la problématique.

2 Déterminer les niveaux sonores du son perçu par Paul avec et sans implant, puis conclure sur la performance de l'appareillage en calculant le rapport des intensités sonores avec et sans implant.

Données utiles son de fréquence $4{,}0$ kHz et de niveau 100 dB ; sans implant : audiogramme d'une personne de 90 ans ; avec implant : audiogramme d'une personne de 60 ans ; $L = 10\log\dfrac{I}{I_0}$; $I_0 = 1{,}0\times10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

Lecture du document 5 à $4\,000$ Hz : la perte auditive vaut environ 80 dB à 90 ans et environ 55 dB à 60 ans.

Sans implant : $L_{90} = 100 - 80 = 20$ dB. Avec implant : $L_{60} = 100 - 55 = 45$ dB.

De $L = 10\log\dfrac{I}{I_0}$ on tire $I = I_0\times10^{L/10}$, donc :

$I_{60} = 1{,}0\times10^{-12}\times10^{4{,}5} = 3{,}2\times10^{-8}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ $I_{90} = 1{,}0\times10^{-12}\times10^{2{,}0} = 1{,}0\times10^{-10}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

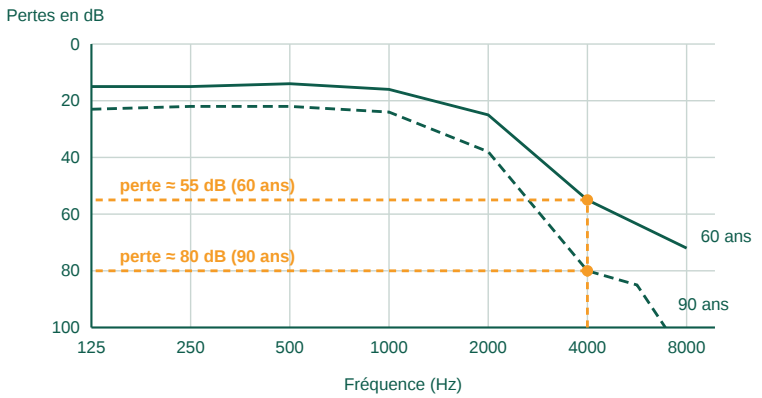
$$\frac{I_{60}}{I_{90}} = 10^{\frac{L_{60}-L_{90}}{10}} = 10^{\frac{45-20}{10}} = 10^{2{,}5}$$

$L_{90} = 20$ dB, $L_{60} = 45$ dB et $\dfrac{I_{60}}{I_{90}} = 3{,}2\times10^{2}$: avec l'implant, l'intensité sonore perçue est environ 320 fois plus grande.

PIÈGE
Diviser les niveaux ($45 \div 20$) au lieu des intensités. Les décibels se retranchent : un écart de 25 dB correspond à un rapport d'intensités de $10^{2{,}5}$, pas à $2{,}25$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme I_0 et la lecture graphique. L'axe des pertes est gradué vers le bas, de 20 dB en 20 dB : une lecture à quelques décibels près est acceptée.

MÉTHODE
Pour un rapport d'intensités, inutile de calculer chaque intensité : $\dfrac{I_1}{I_2} = 10^{(L_1-L_2)/10}$, et I_0 se simplifie. À retenir : $+10$ dB multiplie l'intensité par 10.



2 · Document 5 (courbes 60 ans et 90 ans) avec la lecture à 4 000 Hz

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.0\times10^{-12}\times10^{\frac{45}{10}} \approx 3.162278\times10^{-8}$

$1.0\times10^{-12}\times10^{\frac{20}{10}} \approx 1\times10^{-10}$

$10^{\frac{45-20}{10}} \approx 316.2278$