Corrigé complet — Bac S 2013 Polynésie (ancien programme)

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

Ex 1	**Composition d'un vin** Titrage colorimétrique · Incertitude relative · Groupes caractéristiques · Carbone asymétrique · Diagramme de prédominance · Acidité totale	9 pts	1 h 30	10 questions	p. 2
Ex 2	**Effet Doppler et astrophysique** Effet Doppler · Décalage vers le rouge · Spectre de raies d'absorption · Loi de Hubble · Mouvement circulaire et période	6 pts	1 h	7 questions	p. 6
Ex 3	**Transmission d'information par fibre optique** Propriétés du laser · Fibre optique à saut d'indice · Débit binaire · Numérisation d'une image · Atténuation en décibels · Coefficient d'atténuation linéique	5 pts	50 min	5 questions	p. 9
Ex 4	**Spécialité : A propos de la protection contre le bruit** Interférences destructives · Opposition de phase · Niveau d'intensité sonore · Intensité et puissance sonores · Atténuation d'un casque · Seuils de danger	5 pts	50 min	7 questions	p. 12

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.

Composition d'un vin

Bac S 2013 Polynésie (ancien programme) · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

1.1 Préciser, en justifiant, le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.

Avant l'équivalence, le diiode versé est le réactif limitant : il est entièrement consommé par SO_2. Les produits formés (I^-, SO_4^{2-}) sont incolores, le mélange garde la teinte vert pâle du vin.

Dès l'équivalence, il n'y a plus de SO_2 : la première goutte de diiode en excès reste en solution et, avec l'empois d'amidon, donne une teinte violet foncé.

L'équivalence est repérée par le passage du vert pâle au violet foncé, persistant.

PIÈGE
Annoncer seulement la couleur finale. Il faut la teinte avant, la teinte après, et dire quelle espèce colorée apparaît ou disparaît.

1.2 Déterminer la concentration molaire C_1 en dioxyde de soufre du vin, puis montrer que sa concentration massique $C_{m\,exp}$ vaut $0{,}201\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Données utiles $V_1 = 20{,}00$ mL ; $C_2 = 1{,}00\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_E = 6{,}28$ mL ; $M(\text{S}) = 32{,}1\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. L'équation indique une mole de I_2 pour une mole de SO_2 :

$n(SO_2)_{\text{initial}} = n(I_2)_{\text{versé}}$, soit $C_1V_1 = C_2V_E$.

$$C_1 = \frac{C_2\,V_E}{V_1} = \frac{1{,}00\times10^{-2}\times6{,}28}{20{,}00} = 3{,}14\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Masse molaire : $M(SO_2) = 32{,}1 + 2\times16{,}0 = 64{,}1\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

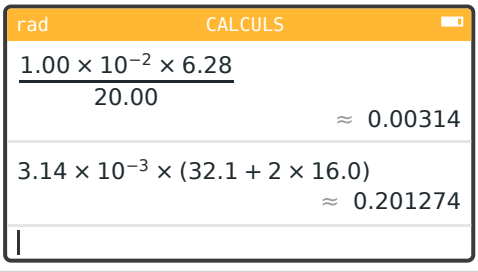
$$C_{m\,exp} = C_1\times M(SO_2) = 3{,}14\times10^{-3}\times64{,}1 = 0{,}201\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

$C_1 = 3{,}14\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $C_{m\,exp} = 0{,}201\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, valeur attendue.

PIÈGE
Diviser par le volume total de l'erlenmeyer (25 mL). L'acide et l'empois d'amidon ne changent pas la quantité de SO_2 : seul V_1 compte.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_2 et V_E, les données les moins précises. Les deux volumes peuvent rester en mL : leur rapport est sans unité.

À LA CALCULATRICE



1.3 Déterminer l'incertitude relative $\frac{\Delta C_{m\,exp}}{C_{m\,exp}}$ à l'aide de la relation admise, puis en déduire un encadrement de $C_{m\,exp}$.

Données utiles $V_E = (6{,}28 \pm 0{,}05)$ mL ; $C_2 = (1{,}00 \pm 0{,}01) \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} ; $C_{m\,exp} = 0{,}201$ g · L^{-1} (1.2)

$$\frac{\Delta C_{m\,exp}}{C_{m\,exp}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta V_E}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_2}{C_2}\right)^2}$$

$$\frac{\Delta C_{m\,exp}}{C_{m\,exp}} = \sqrt{\left(\frac{0{,}05}{6{,}28}\right)^2 + \left(\frac{0{,}01}{1{,}00}\right)^2} = 1{,}28 \times 10^{-2}$$

L'incertitude relative est d'environ 1,3 %.

$\Delta C_{m\,exp} = 1{,}28 \times 10^{-2} \times 0{,}201 = 2{,}6 \times 10^{-3}$ g · L^{-1}, arrondie par excès à $0{,}003$ g · L^{-1}.

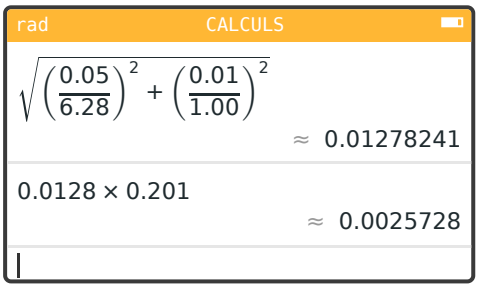
$C_{m\,exp} = (0{,}201 \pm 0{,}003)$ g · L^{-1}

$0{,}198$ g · L$^{-1} \leqslant C_{m\,exp} \leqslant 0{,}204$ g · L^{-1}

PIÈGE
Les puissances de dix de C_2 et de ΔC_2 se simplifient dans le rapport : $\frac{\Delta C_2}{C_2} = \frac{0{,}01}{1{,}00}$, et non $\frac{0{,}01}{1{,}00 \times 10^{-2}}$.

MÉTHODE
Une incertitude se garde avec un seul chiffre significatif, arrondie par excès. Le résultat s'écrit ensuite avec le même nombre de décimales que son incertitude.

À LA CALCULATRICE



1.4 Cette concentration est-elle conforme à la réglementation européenne ? Justifier.

Données utiles document 1 : au plus 210 mg · L^{-1} dans un vin blanc ; encadrement de $C_{m\,exp}$ (1.3)

D'après la question 1.3, 198 mg · L$^{-1} \leqslant C_{m\,exp} \leqslant 204$ mg · L^{-1}.

La borne supérieure de l'encadrement, 204 mg · L^{-1}, reste inférieure à la limite de 210 mg · L^{-1}.

Même en tenant compte de l'incertitude, la teneur en SO_2 est conforme à la réglementation.

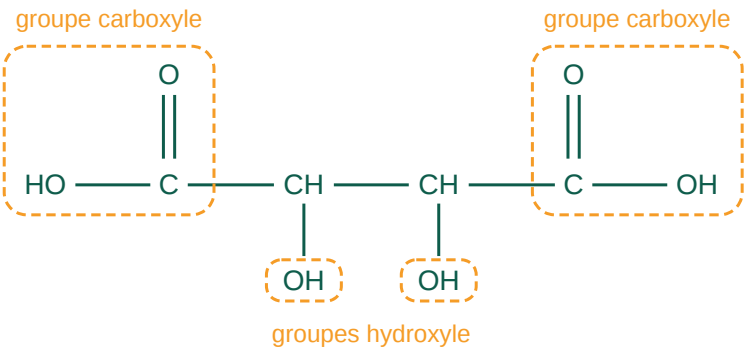
MÉTHODE
Pour comparer une mesure à un seuil, on compare la borne la plus défavorable de l'encadrement au seuil, pas seulement la valeur mesurée, et dans la même unité.

2.1.1 Écrire la formule semi-développée de la molécule d'acide tartrique, puis y identifier les groupes fonctionnels présents.

D'après la représentation du document 2 :
$HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH$ (formule détaillée sur la figure).

La molécule porte deux groupes carboxyle $-COOH$ (aux extrémités) et deux groupes hydroxyle $-OH$ (sur les deux carbones centraux).

PIÈGE
Le $-OH$ d'un groupe carboxyle n'est pas un groupe hydroxyle : il fait partie du groupe $-COOH$ et ne se compte pas une seconde fois.



2.1.1 · Formule semi-développée de l'acide tartrique et groupes caractéristiques

2.1.2 Recopier la représentation de Cram de l'acide tartrique naturel puis, en justifiant, repérer le ou les atomes de carbone asymétriques s'ils existent.

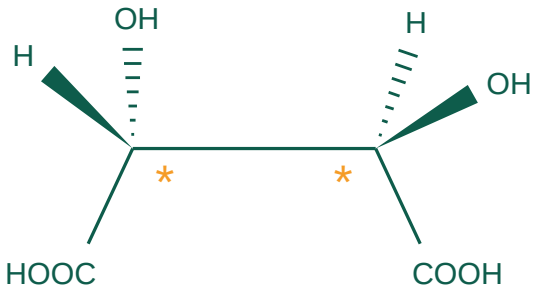
Un atome de carbone asymétrique est un carbone tétraédrique dont les quatre substituants (atomes ou groupes d'atomes) sont deux à deux différents.

Chacun des deux carbones centraux est lié à : $-\mathrm{H}$, $-\mathrm{OH}$, $-\mathrm{COOH}$ et $-\mathrm{CH(OH)-COOH}$, quatre substituants différents.

Les carbones des groupes carboxyle ne portent que trois voisins : ils ne sont pas asymétriques.

La molécule possède deux atomes de carbone asymétriques, marqués d'un astérisque sur la figure.

COMPRENDRE
La représentation de Cram, la chiralité et le carbone asymétrique étaient au programme de Terminale S. Ces notions ne figurent plus au programme actuel de la spécialité.



* : atome de carbone asymétrique

2.1.2 · Représentation de Cram de l'acide tartrique naturel

2.2.1 Justifier qu'à pH = 7, l'espèce prédominante dans le mélange est la forme A^{2-}.

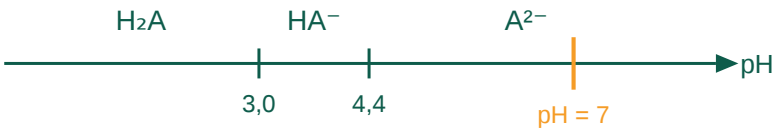
Données utiles $\mathrm{p}K_a(\mathrm{H_2A/HA^-}) = 3{,}0$; $\mathrm{p}K_a(\mathrm{HA^-/A^{2-}}) = 4{,}4$

Pour un couple acide/base, la base prédomine lorsque $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_a$.

Ici $\mathrm{pH} = 7 > 4{,}4$: pour le couple $\mathrm{HA^-/A^{2-}}$, la base $\mathrm{A^{2-}}$ prédomine sur $\mathrm{HA^-}$. De plus $7 > 3{,}0$: $\mathrm{HA^-}$ prédomine elle-même sur $\mathrm{H_2A}$.

À pH = 7, situé au-delà des deux $\mathrm{p}K_a$, l'espèce prédominante est $\mathrm{A^{2-}}$.

MÉTHODE
Pour un diacide, tracer un axe de pH, y placer les deux $\mathrm{p}K_a$ et remplir les trois domaines de la forme la plus acide à la plus basique. Il reste à situer le pH étudié.



2.2.1 · Diagramme de prédominance de l'acide tartrique

2.2.2 Choisir, en justifiant, l'équation de la réaction qui se produit dans ces conditions entre l'acide tartrique et les ions HO^- : (1) ou (2).

À pH = 7, l'acide tartrique se trouve très majoritairement sous la forme A^{2-} (2.2.1) : chaque molécule H_2A a cédé ses deux protons aux ions hydroxyde.

L'équation à retenir est la (2) : $H_2A + 2\,HO^- \longrightarrow A^{2-} + 2\,H_2O$

COMPRENDRE
L'équation (1) s'arrête à HA^-, espèce prédominante seulement entre pH 3,0 et pH 4,4. Elle ne décrit donc pas un mélange amené à pH = 7.

2.3.1 Quel est l'intérêt du dégazage du vin ?

Le dioxyde de carbone dissous est un acide ($CO_2, H_2O/HCO_3^-$, $pK_a = 6{,}4$) : il réagirait lui aussi avec les ions HO^- avant que le pH atteigne 7, ce qui augmenterait le volume de soude versé.

Le dégazage élimine le CO_2 dissous, pour que sa contribution ne soit pas comptée dans l'acidité totale, comme l'exige le document 3.

2.3.2 Calculer la quantité de matière n_{HO^-} d'ions hydroxyde versée, puis la masse d'acide tartrique pouvant réagir avec elle. En déduire l'acidité totale du vin étudié.

Données utiles $V = 15{,}5$ mL ; $C = 0{,}100$ mol · L^{-1} ; $V_{vin} = 20{,}0$ mL ; $M(H_2A) = 150$ g · mol^{-1} ; équation (2) (2.2.2)

Quantité d'ions hydroxyde : $n_{HO^-} = C \times V = 0{,}100 \times 15{,}5 \times 10^{-3} = 1{,}55 \times 10^{-3}$ mol.

D'après l'équation (2), une mole de H_2A réagit avec deux moles de HO^- : $n_{H_2A} = \dfrac{n_{HO^-}}{2}$.

$$m_{H_2A} = \frac{n_{HO^-}}{2} \times M(H_2A) = \frac{1{,}55 \times 10^{-3}}{2} \times 150 = 0{,}116 \text{ g}$$

Cette masse correspond à 20,0 mL de vin. Rapportée à un litre :

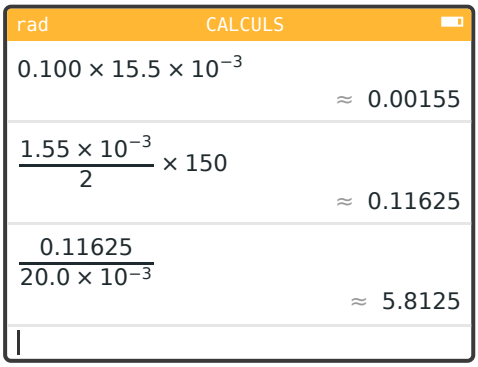
$$\frac{m_{H_2A}}{V_{vin}} = \frac{0{,}11625}{20{,}0 \times 10^{-3}} = 5{,}81 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$n_{HO^-} = 1{,}55 \times 10^{-3}$ mol ; $m_{H_2A} = 0{,}116$ g ; acidité totale : $5{,}81$ g · L^{-1} équivalent d'acide tartrique.

PIÈGE
Oublier le facteur 2 de l'équation (2) double le résultat (11,6 g/L). Diviser par le volume de soude au lieu des 20,0 mL de vin est l'autre erreur fréquente.

COMPRENDRE
Le dernier calcul reprend la valeur non arrondie de la masse (0,11625 g) : avec 0,116 g on trouverait 5,80. L'acidité totale est une convention, tous les acides du vin étant comptés comme de l'acide tartrique.

À LA CALCULATRICE



Effet Doppler et astrophysique

Bac S 2013 Polynésie (ancien programme) · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1 Déterminer, à l'aide du document 3, la longueur d'onde médiane du doublet de Ca^{2+} dans le spectre de NGC 691, puis calculer le « redshift » z de cette galaxie.

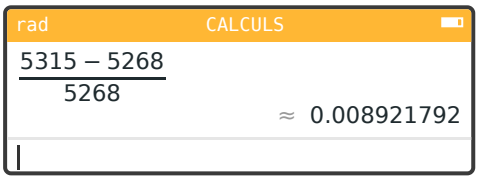
Données utiles $\lambda_0 = 5268$ Å ; $z = \dfrac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$ (document 1)

Sur le document 3, le doublet est situé un peu après la graduation 5300 Å. L'échelle (100 Å entre 5300 et 5400) donne, pour le milieu du doublet : $\lambda \approx 5315$ Å.

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{5315 - 5268}{5268} = 8{,}9 \times 10^{-3}$$

$\lambda \approx 5315$ Å et $z \approx 8{,}9 \times 10^{-3}$ (sans unité)

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Inutile de convertir en nanomètres : z est un rapport de deux longueurs, il suffit qu'elles soient dans la même unité.

COMPRENDRE
L'écart $\lambda - \lambda_0 = 47$ Å n'a que deux chiffres significatifs et la lecture se fait à 1 ou 2 Å près : z s'écrit avec deux chiffres au plus. Un résultat 9×10^{-3} est acceptable.

1.2 Calculer la vitesse à laquelle la galaxie NGC 691 s'éloigne de la Terre.

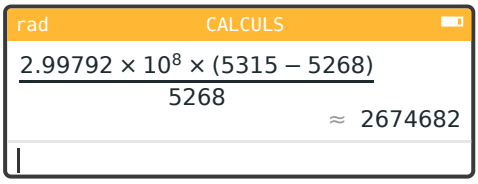
Données utiles $c = 2{,}99792 \times 10^8$ m · s^{-1} ; $\lambda = 5315$ Å et z (1.1)

Formule de Doppler du document 1 (cas non relativiste) :

$$V = c\,\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = c\,z = 2{,}99792 \times 10^8 \times \frac{5315 - 5268}{5268} = 2{,}7 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$V \approx 2{,}7 \times 10^6$ m · s^{-1}, soit environ $2{,}7 \times 10^3$ km · s^{-1}

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE
V est très inférieure à c (moins de 1 %) : l'emploi de la formule non relativiste est justifié. La précision de c ne sert à rien ici, c'est z qui limite le résultat à deux chiffres.

1.3 Établir, dans le cas non relativiste, la relation entre la vitesse d'éloignement V de la galaxie et sa distance d à la Terre, et montrer que V est proportionnelle à d.

Document 1 : $V = c\,\dfrac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = c\,z$.

Document 2 (pour un petit « redshift ») : $z = \dfrac{H_0\,d}{c}$.

En remplaçant : $V = c \times \dfrac{H_0\,d}{c}$

$V = H_0\,d$: comme H_0 est une constante, V est proportionnelle à d.

COMPRENDRE
Plus une galaxie est lointaine, plus elle s'éloigne vite : c'est la loi de Hubble, argument en faveur de l'expansion de l'Univers.

1.4 À partir des valeurs de z données dans le document 2, montrer que l'expression de la vitesse d'éloignement du document 1 ne vaut pas pour toutes les galaxies.

D'après le document 2, z atteint 4 ou 5 pour les objets les plus lointains.

L'expression $V = c\,z$ donnerait alors $V = 4c$ à $5c$, donc une vitesse supérieure à la célérité de la lumière dans le vide, ce qui est impossible.

La relation $V = c\,z$ ne s'applique qu'aux petits « redshifts » ($z \ll 1$, soit $V \ll c$), pas aux objets très lointains.

COMPRENDRE
Le cas relativiste relève de la relativité, qui n'est plus au programme actuel de la spécialité. L'effet Doppler et la relation non relativiste restent, eux, au programme.

2.1 Expliquer pourquoi, dans la situation décrite sur le document 4, on a $\lambda_A > \lambda_B$.

Sur le document 4, le vecteur $\vec{V}_A$ est dirigé à l'opposé de l'observateur : l'étoile A s'éloigne de lui. D'après le document 1, sa raie est décalée vers les grandes longueurs d'onde : $\lambda_A > \lambda_0$.

Le vecteur $\vec{V}_B$ est dirigé vers l'observateur : l'étoile B se rapproche, sa raie est décalée vers les courtes longueurs d'onde : $\lambda_B < \lambda_0$.

$\lambda_B < \lambda_0 < \lambda_A$, donc $\lambda_A > \lambda_B$.

PIÈGE
Ne pas raisonner sur la position (gauche ou droite) des étoiles : seul compte le sens de la vitesse le long de l'axe de visée, éloignement ou rapprochement.

COMPRENDRE
Ici λ_0 désigne la longueur d'onde reçue du système si les étoiles n'avaient pas de vitesse le long de la visée. Un mouvement d'ensemble du centre G décalerait les deux raies de la même façon, sans changer la comparaison.

2.2 Compléter, en justifiant, le tableau de l'annexe. Schématiser le spectre correspondant à chaque configuration et montrer que l'évolution temporelle de ces spectres est périodique de période $T/2$.

- Configuration 1 : A s'éloigne et B se rapproche (situation du document 4), donc $\lambda_A > \lambda_B$.
- Configuration 3 : les rôles sont échangés, B s'éloigne et A se rapproche, donc $\lambda_A < \lambda_B$.
- Configurations 2 et 4 : les deux vecteurs vitesse sont perpendiculaires à l'axe de visée, il n'y a pas d'effet Doppler, donc $\lambda_A = \lambda_B$: une seule raie.

Les étoiles passent d'une configuration à la suivante en un quart de tour, soit toutes les $T/4$: 1 ($t = 0$), 2 ($T/4$), 3 ($T/2$), 4 ($3T/4$), puis de nouveau 1 (T).

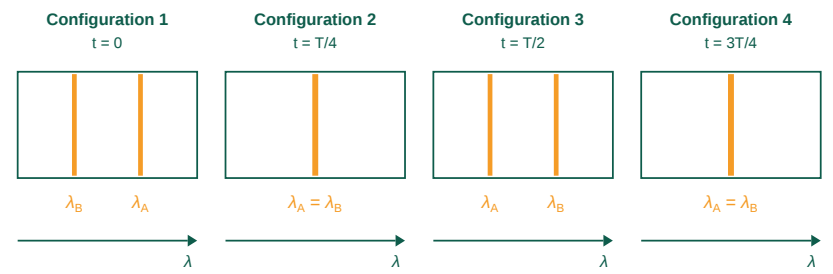
Comme $V_A = V_B$, les deux raies de la configuration 3 occupent les mêmes positions que celles de la configuration 1 (seule l'étoile d'origine change) : les deux spectres sont identiques. De même, les spectres des configurations 2 et 4 sont identiques.

Le spectre se retrouve identique à lui-même au bout d'un demi-tour : son évolution est périodique de période $T/2$.

PIÈGE
La période du mouvement des étoiles est T, mais celle du spectre est $T/2$: sur le spectre, rien ne distingue la raie de A de celle de B.

MÉTHODE
Pour chaque configuration, projeter mentalement chaque vitesse sur l'axe de visée : composante qui s'éloigne, raie décalée vers le rouge ; qui se rapproche, vers le bleu ; nulle, pas de décalage.

Relation	$\lambda_A = \lambda_B$	$\lambda_A > \lambda_B$	$\lambda_A < \lambda_B$
Configuration(s)	2 et 4	1	3



Le spectre de la configuration 3 est identique à celui de la configuration 1 : motif répété tous les T/2.

2.2 · Annexe complétée et allure des spectres (raies d'absorption en orange)

2.3 À l'aide des spectres du document 5 (raie H_α de l'étoile double HD 80715), vérifier que la période T de celle-ci est voisine de 3,8 jours.

Données utiles dates des spectres en jours (document 5) ; période des spectres : $T/2$ (2.2)

À la date 0,061 j, le spectre ne présente qu'une seule raie ($\lambda_A = \lambda_B$). La raie se dédouble ensuite, puis on retrouve une raie unique à 1,886 j et encore à 2,038 j ; elle est de nouveau dédoublée à 2,148 j.

La durée entre deux raies uniques successives vaut $T/2$ (question 2.2). La superposition suivante a donc lieu entre les dates 1,886 j et 2,038 j :

- $T/2 \geqslant 1{,}886 - 0{,}061 = 1{,}825$ j, soit $T \geqslant 3{,}65$ j ;
- $T/2 \leqslant 2{,}038 - 0{,}061 = 1{,}977$ j, soit $T \leqslant 3{,}95$ j.

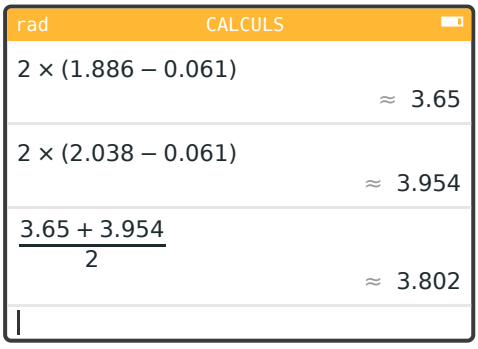
Valeur moyenne : $T \approx \dfrac{3{,}65 + 3{,}95}{2} = 3{,}80$ j.

$3{,}65 \text{ j} \leqslant T \leqslant 3{,}95$ j, soit $T \approx 3{,}8$ jours : la valeur annoncée est vérifiée.

PIÈGE
L'intervalle entre deux spectres à raie unique est $T/2$ et non T : oublier le facteur 2 donne une période de 1,9 jour.

COMPRENDRE
Contrôle : à 3,654 j et 3,677 j les deux raies sont presque confondues ; la superposition suivante est proche, cohérente avec $0{,}061 + 3{,}8 \approx 3{,}86$ j.

À LA CALCULATRICE



Transmission d'information par fibre optique

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

1 Rappeler une propriété d'un faisceau laser et montrer qu'elle justifie l'usage de ce rayonnement pour la transmission d'information par fibre optique.

Un faisceau laser est très **directif** : il diverge très peu, toute sa puissance reste concentrée dans un pinceau très fin.

On peut donc l'injecter presque entièrement dans le cœur de la fibre, de très petit diamètre, sous une incidence bien maîtrisée. La lumière s'y propage ensuite par réflexions totales successives à la surface de séparation cœur-gaine (document 2).

Directivité du laser : toute la lumière émise entre dans le cœur très fin de la fibre et y reste guidée.

COMPRENDRE
Autre réponse recevable : le laser est monochromatique. On peut alors choisir la longueur d'onde la moins atténuée par la silice (question 2).

COMPRENDRE
Le laser ne figure plus au programme actuel de spécialité : cette question relève de l'ancien programme de Terminale S.

2 À l'aide du document 3, choisir une longueur d'onde à privilégier pour une bonne transmission du signal.

Le signal est d'autant mieux transmis que le coefficient d'atténuation α est faible. Sur le document 3, la courbe passe par un minimum, $\alpha \approx 0{,}5\ \text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$, pour $\lambda \approx 1{,}3\ \mu\text{m}$.

$\lambda \approx 1{,}3\ \mu\text{m}$ (infrarouge), là où l'atténuation est minimale.

PIÈGE
L'axe des abscisses est gradué en micromètres. Ces longueurs d'onde, supérieures à $0{,}8\ \mu\text{m}$, sont dans l'infrarouge et non dans le visible.

COMPRENDRE
La courbe présente un second minimum équivalent vers $1{,}5\ \mu\text{m}$: cette réponse convient aussi. Il faut en revanche éviter le pic situé vers $1{,}4\ \mu\text{m}$.

3.1 Le débit disponible vaut en moyenne $100\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$. Évaluer le temps de transfert d'un fichier de 50 Mo.

Données utiles $D = 100\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1} = 100 \times 10^6\ \text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$; 1 octet = 8 bits ; 1 Mo = 2^{20} octets (document 1)

Taille du fichier en bits : $N = 50 \times 2^{20} \times 8 = 4{,}2 \times 10^8$ bits.

Le débit binaire est le nombre de bits transmis par seconde : $D = \dfrac{N}{\Delta t}$, donc $\Delta t = \dfrac{N}{D}$.

$$\Delta t = \frac{50 \times 2^{20} \times 8}{100 \times 10^6} = 4{,}2\ \text{s}$$

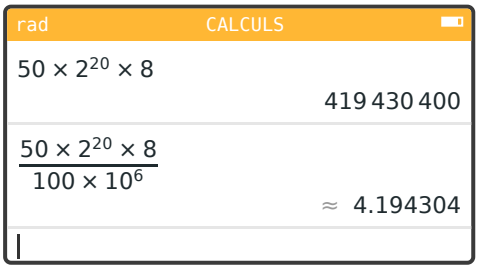
$\Delta t \approx 4{,}2\ \text{s}$

PIÈGE
Le débit est en bits par seconde, la taille du fichier en octets : sans le facteur 8, on trouve une durée huit fois trop courte.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme « 50 Mo ». Le sujet impose 1 Mo = 2^{20} octets, ce qui est en toute rigueur le mébioctet (Mio) ; avec 1 Mo = 10^6 octets, on aurait $4{,}0$ s.

COMPRENDRE
Le débit binaire n'est plus au programme actuel de spécialité (ancien programme de Terminale S).

À LA CALCULATRICE



3.2 Un film vidéo noir et blanc comporte 25 images par seconde, de 600×450 pixels, codées sur 24 bits par pixel. La transmission peut-elle être assurée dans de bonnes conditions ?

Données utiles $D = 100\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$

Taille d'une image : $600 \times 450 \times 24 = 6{,}48 \times 10^6$ bits.

Pour afficher le film au fur et à mesure, il faut recevoir 25 images chaque seconde, soit un débit nécessaire :

$$D_{\text{film}} = 25 \times 600 \times 450 \times 24 = 1{,}62 \times 10^8\ \text{bit} \cdot \text{s}^{-1} = 162\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$$

Or $D_{\text{film}} > D$: la ligne ne fournit pas assez de bits par seconde.

$D_{\text{film}} = 162\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1} > 100\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$: la transmission ne peut pas être assurée dans de bonnes conditions.

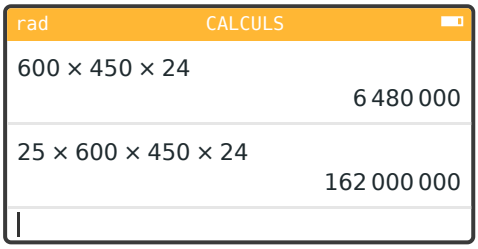
COMPRENDRE

En pratique, les vidéos sont compressées avant l'envoi, ce qui réduit fortement le débit nécessaire. Ici, le calcul porte sur un film non compressé.

MÉTHODE

Pour une question fermée (« peut-on… ? »), calculer la grandeur nécessaire, la comparer explicitement à la grandeur disponible, puis conclure par une phrase.

À LA CALCULATRICE



4 La fibre en silice la plus longue mesure $L = 10{,}0$ km et le laser émet à 850 nm. Le signal est exploitable si P_{sortie} dépasse 1 % de $P_{\text{entrée}}$. Tous les clients reçoivent-ils un signal satisfaisant sans amplification intermédiaire ?

Données utiles $A_{\text{dB}} = 10\log\left(\dfrac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}\right)$; $\alpha = \dfrac{A_{\text{dB}}}{L}$; document 3

Lecture du document 3 pour $\lambda = 850\ \text{nm} = 0{,}85\ \mu\text{m}$: $\alpha \approx 2{,}5\ \text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$.

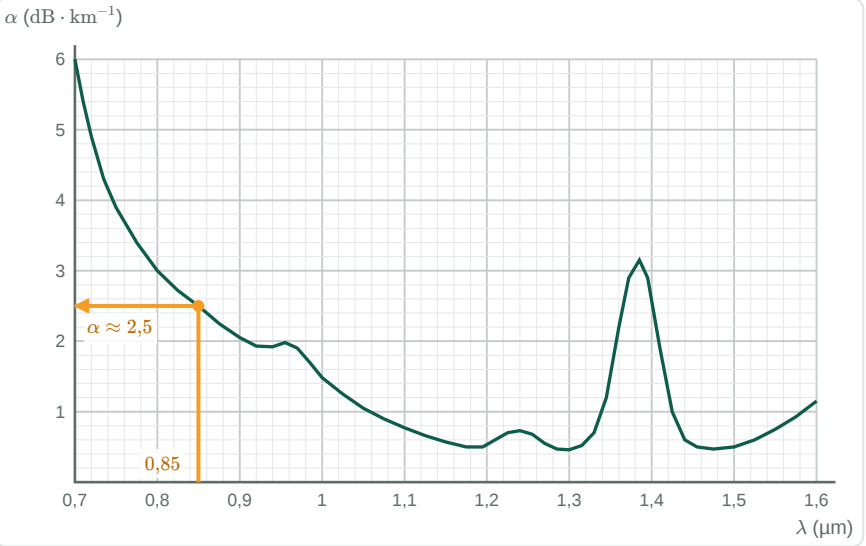
Atténuation pour le client le plus éloigné : $A_{\text{dB}} = \alpha \times L = 2{,}5 \times 10{,}0 = 25\ \text{dB}$.

Or $A_{\text{dB}} = 10\log\left(\dfrac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}\right)$, donc

$$\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = 10^{-A_{\text{dB}}/10} = 10^{-2{,}5} = 3{,}2 \times 10^{-3}$$

soit environ 0,3 %, ce qui est inférieur au seuil de 1 %.

$\dfrac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} \approx 0{,}3\ \% < 1\ \%$: le signal n'est pas exploitable au bout de 10,0 km ; sans amplification, tous les clients ne sont pas correctement desservis.



4 · Document 3 : lecture du coefficient d'atténuation à 0,85 µm

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

2.5×10.0 ≈ 25

$10^{\frac{-25}{10}}$ ≈ 0.003162278

PIÈGE
Convertir 850 nm en $0{,}85\ \mu\text{m}$ avant de lire le graphique, et ne pas confondre α (en dB par kilomètre) avec l'atténuation totale A_{dB}.

COMPRENDRE
La lecture graphique est approximative, mais la conclusion est sûre : il faudrait $\alpha \leqslant 2{,}0\ \text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$. Une solution : émettre à $1{,}3\ \mu\text{m}$.

MÉTHODE
Autre voie : le seuil de 1 % correspond à $A_{\text{dB}} = 10\log(100) = 20\ \text{dB}$, soit une longueur maximale $20 \div 2{,}5 = 8{,}0\ \text{km}$, inférieure à 10,0 km.

Spécialité : A propos de la protection contre le bruit

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

1.1 Nommer le phénomène ondulatoire utilisé par la technologie « ANR » pour réduire le bruit reçu.

Le haut-parleur émet un « contre bruit » qui se superpose au bruit extérieur près du tympan : les deux ondes sonores interfèrent.

Phénomène d'**interférences destructives**.

PIÈGE
Répondre « atténuation » ou « absorption » : c'est le rôle d'un casque passif. Ici, une seconde onde est ajoutée à la première.

1.2 Expliquer théoriquement et à l'aide de schémas simples comment ce phénomène peut annuler la perception d'une onde progressive sinusoïdale.

En un point où deux ondes se superposent, leurs élongations s'additionnent.

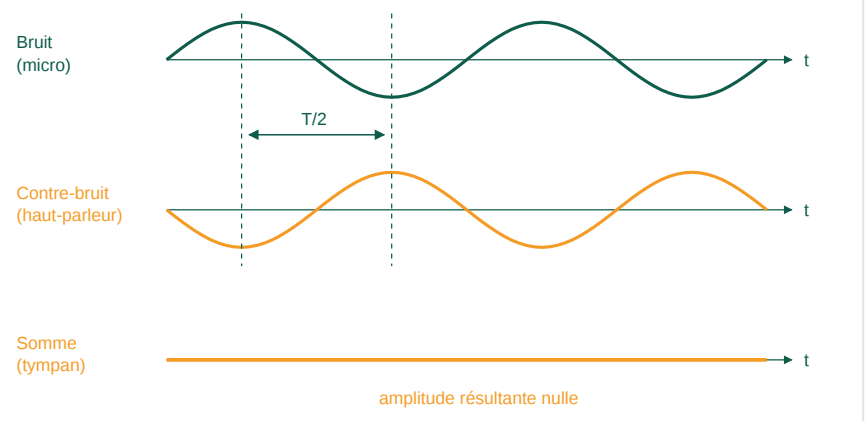
Le microphone capte le bruit, sinusoïdal de période T. Le circuit électronique commande au haut-parleur une onde de **même fréquence**, de **même amplitude**, mais décalée d'une demi-période ($\tau = (2k+1)\dfrac{T}{2}$) : elle est en **opposition de phase** avec le bruit au niveau du tympan.

À chaque instant, quand le bruit vaut $+y$, le contre-bruit vaut $-y$: la somme est nulle (voir schéma).

Bruit et contre-bruit en opposition de phase et de même amplitude : l'onde résultante a une amplitude nulle, le tympan ne vibre plus.

COMPRENDRE
Interférences constructives : retard $\tau = kT$, amplitudes qui s'ajoutent. Destructives : $\tau = (2k+1)\dfrac{T}{2}$. Si les amplitudes diffèrent un peu, le son est seulement atténué, ce qui est le cas réel.

MÉTHODE
Pour un schéma d'interférences, tracer les deux sinusoïdes l'une sous l'autre avec le même axe des temps, puis la somme point par point.



1.2 · Superposition du bruit et du contre-bruit en opposition de phase

2.1 Calculer le niveau sonore L_1 du son reçu par la personne sans casque.

Données utiles $I_1 = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

$$L_1 = 10\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{1{,}0\times10^{-3}}{1{,}0\times10^{-12}}\right) = 10\log\left(10^9\right)$$

$L_1 = 90\ \text{dB}$

PIÈGE
Oublier le facteur 10 (on trouverait 9) ou utiliser la touche ln au lieu de log (207 dB, absurde).

COMPRENDRE
Le niveau sonore se donne à l'unité près en dB : deux chiffres significatifs ici, comme I_1.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$10 \times \log\left(\frac{1.0 \times 10^{-3}}{1.0 \times 10^{-12}}\right) \approx 90$$

2.2 En déduire le niveau sonore L_2 du son à travers un casque « NoiseMaster® », puis calculer l'intensité sonore I_2 correspondante.

Données utiles $L_1 = 90$ dB (2.1) ; document 4 ; $f = 500$ Hz

Le casque NoiseMaster® est un casque actif : on utilise la courbe 3 du document 4. La courbe 1 (bruit sans casque, vers 90 dB) correspond bien au niveau L_1.

À $f = 500$ Hz, on lit sur la courbe 3 : $L_2 = 60$ dB.

$$L_2 = 10\log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) \text{ donc } I_2 = I_0 \times 10^{L_2/10}$$

$$I_2 = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{60/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{6}$$

$L_2 = 60$ dB et $I_2 = 1{,}0 \times 10^{-6}$ W · m^{-2}

COMPRENDRE
Le casque retire 30 dB : l'intensité est divisée par 10^3, pas par 30. Chaque baisse de 10 dB divise l'intensité par 10.

MÉTHODE
Pour revenir de L à I : diviser par 10, puis prendre la puissance de 10 (10^x est la touche inverse de log).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$1.0 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{60}{10}} \approx 1 \times 10^{-6}$$



2.2 · Courbe 3 du document 4 (relevé simplifié) : lecture à 500 Hz

3.1 Déterminer, en justifiant, si le bruit perçu par l'ouvrier situé à 1,0 m de l'engin présente un danger pour son système auditif.

Données utiles $P = 15$ mW ; $R = 1{,}0$ m ; $S = 4\pi R^2$; document 2 : seuil de danger 90 dB

Intensité reçue à la distance R :

$$I = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{15 \times 10^{-3}}{4\pi \times 1{,}0^2} = 1{,}2 \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Niveau sonore :

$$L = 10\log\left(\frac{P}{4\pi R^2 I_0}\right) = 10\log\left(\frac{15 \times 10^{-3}}{4\pi \times 1{,}0^2 \times 1{,}0 \times 10^{-12}}\right) = 91 \text{ dB}$$

D'après le document 2, L dépasse le seuil de danger (90 dB).

$L = 91$ dB > 90 dB : le bruit est dangereux pour l'oreille de l'ouvrier.

PIÈGE
Laisser P en mW : on trouverait 121 dB, au-delà du seuil de douleur. Garder la valeur non arrondie de I pour calculer L.

COMPRENDRE
Le document 2 ne parle pas de durée d'exposition. En pratique, le risque dépend aussi du temps passé dans le bruit.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{15 \times 10^{-3}}{4 \times \pi \times 1.0^2} \approx 0.001193662$$

$$10 \times \log\left(\frac{15 \times 10^{-3}}{4 \times \pi \times 1.0^2 \times 1.0 \times 10^{-12}}\right) \approx 90.76881$$

3.2 L'ouvrier met son casque NoiseMaster®. Quel est le niveau sonore ressenti ? Le danger persiste-t-il ?

Données utiles $L = 91$ dB (3.1) ; $f = 125$ Hz ; document 4, courbe 3

Le bruit de l'engin (91 dB) a un niveau voisin de celui de la courbe 1 : la courbe 3 du document 4 s'applique.

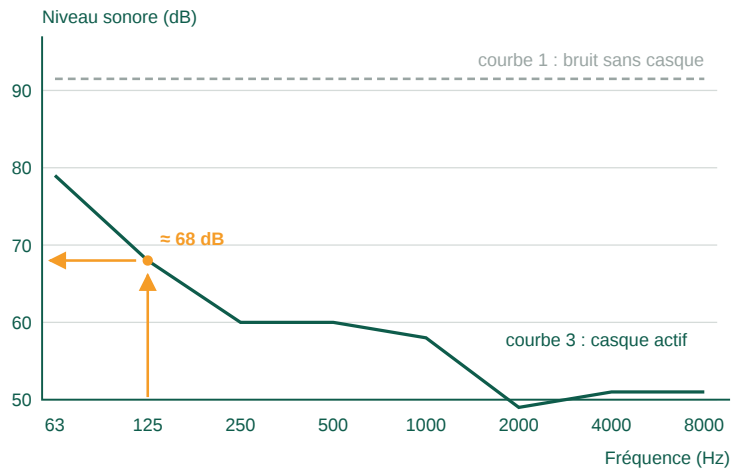
À $f = 125$ Hz, on lit sur la courbe 3 un niveau d'environ 68 dB.

Ce niveau est inférieur au seuil de risque (85 dB) et au seuil de danger (90 dB) du document 2.

$L' \approx 68$ dB : avec le casque, le danger disparaît.

PIÈGE
Lire la courbe 2 (casque passif) ou à 500 Hz par habitude : l'énoncé fixe 125 Hz, fréquence à laquelle le casque atténue le moins.

COMPRENDRE
La lecture sur ce graphique en perspective est approximative : toute valeur entre 65 et 70 dB est acceptable, la conclusion ne change pas.



3.2 · Courbe 3 du document 4 (relevé simplifié) : lecture à 125 Hz

3.3 L'ouvrier retire son casque et se place à 10 m de l'engin. Est-ce plus efficace que le casque de la question 3.2 ?

Données utiles $P = 15$ mW ; $R' = 10$ m ; $L' \approx 68$ dB (3.2)

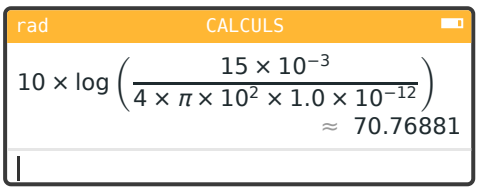
Avec l'expression obtenue en 3.1 :

$$L'' = 10\log\left(\frac{P}{4\pi R'^2 I_0}\right) = 10\log\left(\frac{15\times10^{-3}}{4\pi\times10^2\times1{,}0\times10^{-12}}\right) = 71 \text{ dB}$$

Sans casque à 10 m : 71 dB. Avec le casque à 1,0 m : environ 68 dB.

$L'' = 71$ dB $> L' \approx 68$ dB : s'éloigner à 10 m est un peu moins efficace que porter le casque, mais supprime aussi le danger.

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE
L'écart (environ 3 dB) est du même ordre que la précision de lecture du document 4 : les deux solutions protègent de façon comparable.

MÉTHODE
Distance multipliée par 10 : intensité divisée par 10^2, soit L diminué de $10\log(100) = 20$ dB. On retrouve $91 - 20 = 71$ dB sans tout recalculer.