Corrigé complet — Bac 2022 Asie Jour 1

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

Ex 1	**Le vin et ses composants** Spectrophotométrie et loi de Beer-Lambert · Dilution · Titrage avec indicateur coloré · Tableau d'avancement · Vitesse volumique et temps de demi-réaction · Facteurs cinétiques	10 pts	1 h 45	19 questions	p. 2
Ex 2	**Formule 1 : Freinage en ligne droite** Deuxième loi de Newton · Vecteur accélération · Mouvement rectiligne uniformément varié · Équation horaire de la vitesse · Validité d'un modèle	5 pts	53 min	7 questions	p. 8
Ex 3	**Observations de la division de Cassini** Lunette astronomique afocale · Diamètre apparent · Pouvoir de résolution de l'œil · Grossissement · Construction d'images par une lentille convergente	5 pts	53 min	9 questions	p. 11
Ex 4	**L'expérience des trous de Young** Interférences lumineuses · Différence de marche · Interférences constructives · Interfrange · Longueur d'onde · Incertitude-type	5 pts	53 min	8 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.

Le vin et ses composants

Bac 2022 Asie Jour 1 · Exercice 1 **10 points** **Durée conseillée 1 h 45**

1 Indiquer la couleur correspondant aux radiations les plus absorbées par l'ion $[FeSCN]^{2+}$ et justifier ainsi la couleur de la solution.

Sur le spectre, l'absorbance est maximale pour $\lambda_{max} \approx 490$ nm.
D'après le cercle chromatique, ces radiations (480 à 510 nm) sont de couleur **cyan**.

La solution a la couleur complémentaire de la couleur absorbée, c'est-à-dire la couleur diamétralement opposée au cyan sur le cercle chromatique.

Radiations les plus absorbées : cyan ; la solution est donc **rouge**, ce qui est bien la couleur annoncée.

PIÈGE
Répondre que la solution est cyan. Une solution n'a pas la couleur qu'elle absorbe : elle a la couleur des radiations qu'elle laisse passer, complémentaire de la couleur absorbée.

2 Proposer une longueur d'onde à utiliser pour réaliser le titrage.

On règle le spectrophotomètre sur la longueur d'onde pour laquelle l'absorbance de l'espèce colorée $[FeSCN]^{2+}$ est maximale, lue sur le spectre.

$\lambda = 490$ nm

COMPRENDRE
Au maximum d'absorption, l'absorbance est la plus grande : la mesure est la plus précise.

3 Préciser pourquoi il est nécessaire que les ions thiocyanate soient apportés en excès dans chaque solution.

Si les ions SCN^- sont en excès, l'ion Fe^{3+} est le réactif limitant : tous les ions fer (III) sont transformés en ions colorés $[FeSCN]^{2+}$.

La quantité d'ions $[FeSCN]^{2+}$ formés est alors égale à la quantité d'ions Fe^{3+} apportés : l'absorbance mesurée renseigne bien sur la totalité du fer.

4 Déterminer le volume V_0 de solution mère S_0 à prélever pour préparer $V_2 = 50{,}0$ mL de la solution étalon n° 2.

Données utiles $t_0 = 100\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $t_2 = 2{,}0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_2 = 50{,}0$ mL

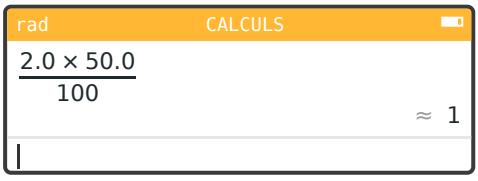
Au cours d'une dilution, la masse de soluté se conserve : $t_0\,V_0 = t_2\,V_2$, donc

$$V_0 = \frac{t_2\,V_2}{t_0} = \frac{2{,}0 \times 50{,}0}{100}$$

$V_0 = 1{,}0$ mL

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme t_2, la donnée la moins précise. Vérification par le facteur de dilution : $t_0/t_2 = 50$, et $50{,}0/50 = 1{,}0$ mL.

À LA CALCULATRICE



5 Préciser la forme de la relation entre l'absorbance A et la concentration massique t ainsi mise en évidence. Donner le nom de la loi correspondante.

Les points sont alignés sur une droite qui passe par l'origine : l'absorbance est proportionnelle à la concentration en masse.

$A = k \times t$: c'est la loi de **Beer-Lambert**.

6 Déterminer si le vin étudié présente un risque de casse blanche. Justifier.

Données utiles $A_V = 0{,}16$; droite d'étalonnage passant par l'origine et par le point $(4{,}0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}\ ;\ 0{,}45)$; seuil : $10\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Le vin et les solutions étalons sont préparés de la même façon (10,0 mL de solution, 1,0 mL d'acide, 1,0 mL de thiocyanate) : la droite d'étalonnage donne directement la concentration en fer du vin.

Coefficient directeur de la droite : $k = \dfrac{0{,}45}{4{,}0} = 0{,}11\ \text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$.

$$t_V = \frac{A_V}{k} = \frac{0{,}16 \times 4{,}0}{0{,}45} = 1{,}4\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

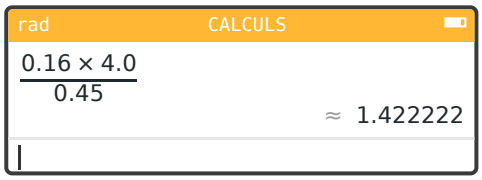
La lecture graphique donne la même valeur.

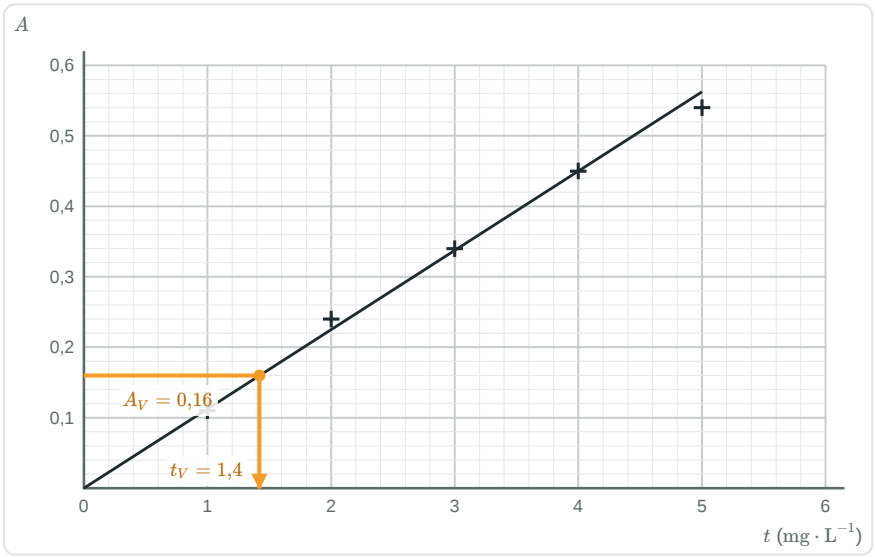
$t_V = 1{,}4\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} < 10\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: le vin ne présente pas de risque de casse blanche.

PIÈGE
Oublier de conclure. La question porte sur le risque de casse : il faut comparer la valeur trouvée au seuil de $10\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, pas seulement donner t_V.

COMPRENDRE
L'eau oxygénée a transformé les ions Fe^{2+} du vin en ions Fe^{3+} : la valeur obtenue est la teneur totale en fer, celle qui compte pour la casse.

À LA CALCULATRICE





6 · Droite d'étalonnage du sujet, avec la lecture pour le vin

7 Expliquer pourquoi le mélange réactionnel est placé dans un bain d'eau glacée avant l'instant $t = 0$ et avant titrage.

La température est un facteur cinétique : à basse température, la réaction d'estérification est tellement lente qu'on peut la considérer comme bloquée.

- Avant $t = 0$: la réaction ne démarre pas, la date $t = 0$ correspond bien au début de la transformation.
- Avant le titrage : la réaction est stoppée à la date t_i (trempe), la composition du tube ne change plus pendant le titrage.

Le bain eau-glace bloque la réaction : la quantité d'acide titrée est bien celle présente à la date t_i.

8 Montrer que le mélange réactionnel préparé est équimolaire.

Données utiles acide éthanoïque : $V_{ac} = 115$ mL, $\rho_{ac} = 1{,}05$ g · mL^{-1}, $M_{ac} = 60{,}0$ g · mol^{-1} ; éthanol : $V_{al} = 117$ mL, $\rho_{al} = 0{,}789$ g · mL^{-1}, $M_{al} = 46{,}0$ g · mol^{-1}

Pour un liquide pur : $n = \dfrac{m}{M} = \dfrac{\rho V}{M}$.

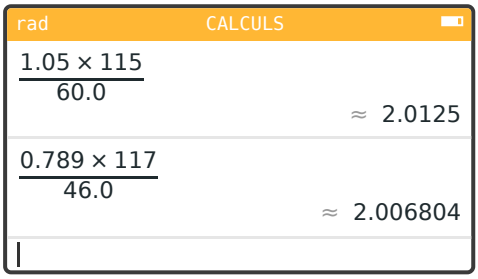
Acide éthanoïque : $n_{ac} = \dfrac{1{,}05 \times 115}{60{,}0} = 2{,}01$ mol.

Éthanol : $n_{al} = \dfrac{0{,}789 \times 117}{46{,}0} = 2{,}01$ mol.

$n_{ac} = n_{al} = 2{,}01$ mol : le mélange est équimolaire.

COMPRENDRE
Avec ρ en g · mL^{-1} et V en mL, la masse sort directement en grammes.

À LA CALCULATRICE



9 Vérifier que la quantité d'acide contenu dans chaque tube à la date $t = 0$ est $n_0 = 17{,}3$ mmol.

Données utiles $n_{ac} = 2{,}01$ mol (Q8) ; volumes mélangés : 115 mL et 117 mL ; volume par tube : $V_{tube} = 2{,}0$ mL

Volume total du mélange (volumes supposés additifs) : $V_{tot} = 115 + 117 = 232$ mL.

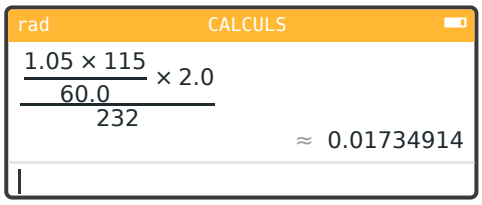
Le mélange est homogène : chaque tube contient la fraction $\dfrac{V_{tube}}{V_{tot}}$ de l'acide introduit.

$$n_0 = n_{ac} \times \frac{V_{tube}}{V_{tot}} = \frac{1{,}05 \times 115}{60{,}0} \times \frac{2{,}0}{232} = 1{,}73 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$n_0 = 17{,}3$ mmol, valeur attendue.

PIÈGE
Diviser par 115 mL au lieu de 232 mL. L'acide est dilué dans tout le mélange : 2,0 mL du mélange ne contiennent pas 2,0 mL d'acide pur.

À LA CALCULATRICE



10 Expliquer le rôle du bleu de thymol.

Le bleu de thymol est un indicateur coloré acido-basique : il change de couleur quand le pH traverse sa zone de virage (de 8,0 à 9,6).

À l'équivalence du titrage, le pH augmente brusquement et traverse cette zone.

Le changement de couleur du bleu de thymol permet de repérer l'équivalence du titrage, donc de mesurer $V_{B,i}$.

COMPRENDRE
À l'équivalence, la solution contient l'ion éthanoate CH_3COO^-, qui est une base : le pH y est supérieur à 7. Un indicateur dont la zone de virage est en milieu basique convient donc.

11 Définir l'équivalence pour la réaction support de titrage (2).

À l'équivalence, l'acide éthanoïque initialement présent dans le tube et les ions hydroxyde versés ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction (2) : ils sont tous les deux entièrement consommés.

COMPRENDRE
L'équivalence est aussi le moment où le réactif limitant change : avant, c'est l'ion HO^- versé ; après, c'est l'acide éthanoïque, qui a disparu.

12 En déduire que la quantité d'acide restant $n_{ac,i}$ à la date t_i dans un tube « i » est donnée par $n_{ac,i} = C_B\,V_{B,i}$.

D'après l'équation (2), une mole d'acide éthanoïque réagit avec une mole d'ions hydroxyde. À l'équivalence :

$$n_{ac,i} = n(\mathrm{HO^-})_{\text{versé}}$$

Or la quantité d'ions hydroxyde versés à l'équivalence est $n(\mathrm{HO^-})_{\text{versé}} = C_B\,V_{B,i}$.

$n_{ac,i} = C_B\,V_{B,i}$

13 Établir le tableau d'avancement de la transformation modélisée par la réaction (1), faisant apparaître l'état initial ($x = 0$) et l'état final (x_f).

Dans un tube, le mélange est équimolaire : il contient initialement n_0 d'acide et n_0 d'éthanol. Quantités en mol :

État	CH_3COOH	CH_3CH_2OH	$CH_3COOCH_2CH_3$	H_2O
initial ($x = 0$)	n_0	n_0	0	0
final ($x = x_f$)	$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$	x_f	x_f

État final : $n_0 - x_f$ pour chaque réactif, x_f pour chaque produit.

PIÈGE
Écrire $x_{\max}$ à la place de x_f. La double flèche de l'équation (1) indique une transformation non totale : à l'état final il reste de l'acide et de l'éthanol.

14 Montrer que la quantité n_i d'éthanoate d'éthyle présente dans un tube « i » à la date t_i est donnée par $n_i = n_0 - C_B\,V_{B,i}$.

Données utiles $n_{ac,i} = C_B\,V_{B,i}$ (Q12) ; tableau d'avancement (Q13)

À la date t_i, l'avancement vaut x_i. D'après le tableau d'avancement :

- quantité d'ester formé : $n_i = x_i$;
- quantité d'acide restant : $n_{ac,i} = n_0 - x_i$.

Donc $n_i = n_0 - n_{ac,i}$, et comme $n_{ac,i} = C_B\,V_{B,i}$:

$n_i = n_0 - C_B\,V_{B,i}$

15 Donner la valeur de la quantité de matière n_2 manquante dans le tableau.

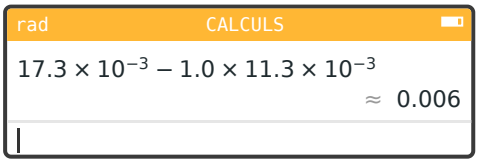
Données utiles $n_0 = 17{,}3 \times 10^{-3}$ mol (Q9) ; $C_B = 1{,}0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_{B,2} = 11{,}3$ mL

$$n_2 = n_0 - C_B\,V_{B,2} = 17{,}3 \times 10^{-3} - 1{,}0 \times 11{,}3 \times 10^{-3}$$

$n_2 = 6{,}0 \times 10^{-3}$ mol

MÉTHODE
Contrôler la formule sur une valeur connue du tableau : pour le tube 1, $17{,}3 - 15{,}3 = 2{,}0$ mmol, comme indiqué.

À LA CALCULATRICE



16 Indiquer qualitativement comment évolue la vitesse volumique d'apparition de l'ester au cours du temps.

La vitesse volumique d'apparition de l'ester est proportionnelle au coefficient directeur de la tangente à la courbe $n_i = f(t)$. Cette tangente est de moins en moins inclinée, puis horizontale à partir de 40 min environ.

La vitesse volumique d'apparition de l'ester diminue au cours du temps, jusqu'à s'annuler.

COMPRENDRE
Les réactifs sont consommés, leur concentration diminue : or la concentration des réactifs est un facteur cinétique. La vitesse nulle correspond ici à l'état d'équilibre, pas à la disparition d'un réactif.

17 Déterminer la valeur de la vitesse volumique d'apparition de l'ester à la date $t = 20$ min.

Données utiles volume du mélange dans un tube : $V = 2{,}0$ mL ; tangente à la courbe en $t = 20$ min passant par (10 min ; $8{,}5 \times 10^{-3}$ mol) et (30 min ; $11{,}5 \times 10^{-3}$ mol)

Vitesse volumique d'apparition de l'ester : $v = \dfrac{\mathrm{d}[\text{ester}]}{\mathrm{d}t} = \dfrac{1}{V}\dfrac{\mathrm{d}n_i}{\mathrm{d}t}$, où V est le volume du mélange dans le tube.

$\dfrac{\mathrm{d}n_i}{\mathrm{d}t}$ est le coefficient directeur de la tangente à la courbe à la date $t = 20$ min. On trace cette tangente et on choisit deux points éloignés :

$$\frac{\mathrm{d}n_i}{\mathrm{d}t} = \frac{11{,}5 \times 10^{-3} - 8{,}5 \times 10^{-3}}{30 - 10} = 1{,}5 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v = \frac{1{,}5 \times 10^{-4}}{2{,}0 \times 10^{-3}}$$

$$\boxed{v \approx 7{,}5 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}}$$

PIÈGE
S'arrêter au coefficient directeur. La vitesse volumique se rapporte au volume du mélange : il faut diviser par $V = 2{,}0 \times 10^{-3}$ L.

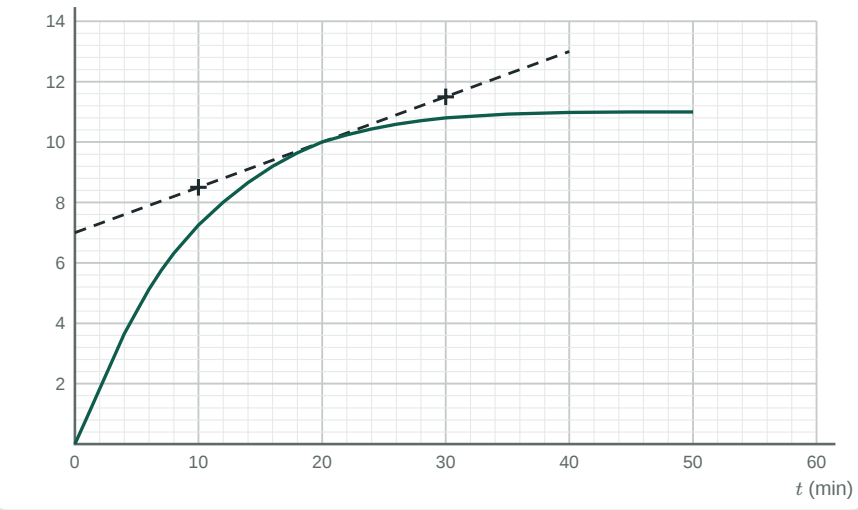
COMPRENDRE
Le tracé d'une tangente est peu précis : toute valeur comprise entre 6×10^{-2} et 9×10^{-2} mol · $\text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ est acceptable si la construction est visible.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{11.5 \times 10^{-3} - 8.5 \times 10^{-3}}{30 - 10} \approx 1.5 \times 10^{-4}$

$\dfrac{1.5 \times 10^{-4}}{2.0 \times 10^{-3}} \approx 0.075$



17 · Annexe : tangente à la courbe à la date 20 min

18 Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et le déterminer par une construction graphique sur la courbe de l'annexe.

Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2}$.

Ici $n_i = x$. La courbe se stabilise à $n_f = 1{,}1 \times 10^{-2}$ mol, donc on cherche la date pour laquelle

$$n_i = \frac{n_f}{2} = \frac{1{,}1 \times 10^{-2}}{2} = 5{,}5 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

On reporte cette valeur sur l'axe des ordonnées, puis on lit l'abscisse du point correspondant de la courbe.

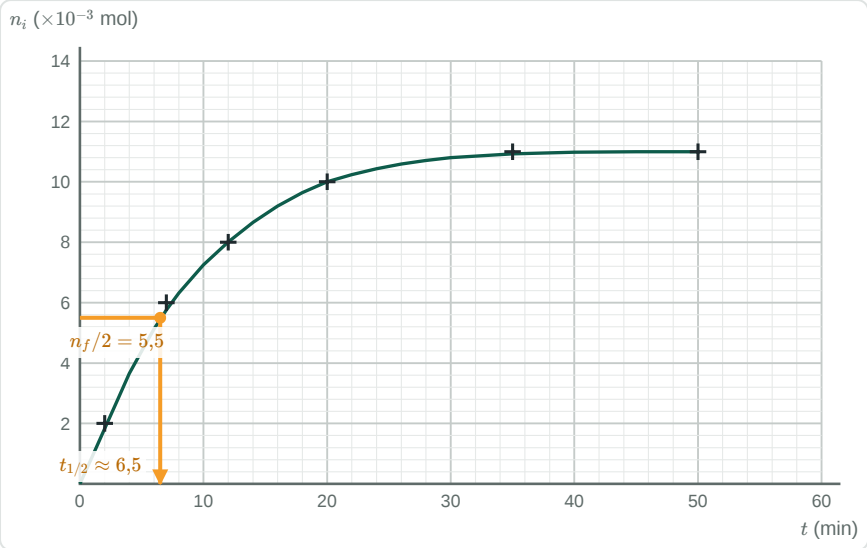
$$\boxed{t_{1/2} \approx 6{,}5\ \text{min}}$$

PIÈGE
Prendre la moitié de la durée de l'expérience (25 min) ou la moitié de n_0. C'est la quantité finale d'ester, lue sur le palier, que l'on divise par deux.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.1 \times 10^{-2}}{2} \approx 0.0055$



18 · Annexe complétée : lecture du temps de demi-réaction

19 Comparer ce temps de demi-réaction à l'échelle de temps évoquée en introduction pour la production des esters dans le vin. Proposer une explication à l'écart en raisonnant sur les paramètres ayant une incidence sur $t_{1/2}$.

Données utiles $t_{1/2} \approx 6{,}5$ min (Q18) ; dans le vin : plusieurs mois

Un mois représente $30 \times 24 \times 60 \approx 4 \times 10^4$ min. Au laboratoire, $t_{1/2}$ vaut quelques minutes : la synthèse y est plusieurs dizaines de milliers de fois plus rapide que dans le vin.

Deux facteurs cinétiques expliquent cet écart :

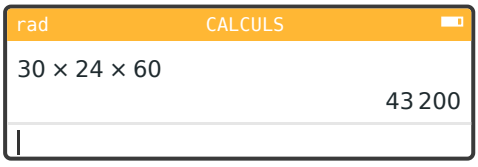
- la température : les tubes sont dans l'eau bouillante (environ 100 °C), alors que le vin est conservé à la température d'une cave ;
- la concentration des réactifs : au laboratoire, on mélange les réactifs purs, alors que dans le vin, solution aqueuse, l'acide et l'alcool sont dilués.

$t_{1/2}$ (quelques minutes) est très inférieur à la durée de formation dans le vin (plusieurs mois) : au laboratoire, la température et les concentrations des réactifs sont beaucoup plus élevées.

MÉTHODE

Pour expliquer une différence de durée de réaction, passer en revue les facteurs cinétiques du cours : température, concentration des réactifs, présence d'un catalyseur.

À LA CALCULATRICE



Formule 1 : Freinage en ligne droite

Bac 2022 Asie Jour 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1 En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que les coordonnées du vecteur accélération sont $a_x(t) = -\dfrac{f}{m}$ et $a_y(t) = 0$.

Système {voiture + pilote}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen.

Forces extérieures : le poids $\vec{P}$, la réaction normale $\overrightarrow{R_N}$ et la force de frottement $\vec{f}$.

Deuxième loi de Newton : $\sum \overrightarrow{F_{\text{ext}}} = m\,\vec{a}$, soit $\vec{P} + \overrightarrow{R_N} + \vec{f} = m\,\vec{a}$.

Or $\overrightarrow{R_N}$ compense le poids : $\vec{P} + \overrightarrow{R_N} = \vec{0}$. Il reste $\vec{f} = m\,\vec{a}$.

La force $\vec{f}$ est horizontale, de sens opposé à l'axe (Ox) : ses coordonnées sont $(-f\ ;\ 0)$.

Sur (Ox) : $-f = m\,a_x$. Sur (Oy) : $0 = m\,a_y$.

$a_x(t) = -\dfrac{f}{m}$ et $a_y(t) = 0$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ » : f désigne une valeur positive, c'est le sens de $\vec{f}$, opposé à l'axe, qui donne $-f$ en projection.

MÉTHODE
Toujours dans cet ordre : système, référentiel galiléen, bilan des forces, deuxième loi écrite en vecteurs, puis projection sur chaque axe en regardant le sens de chaque force.

2 Justifier que, dans le cadre de cette étude, on peut écrire $\Delta v = a_x\,\Delta t$.

Par définition, $a_x = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}$.

D'après la question 1, $a_x = -\dfrac{f}{m}$; or f et m sont constantes, donc a_x est constante.

Une dérivée constante est égale au taux de variation sur n'importe quelle durée : $a_x = \dfrac{\Delta v_x}{\Delta t}$.

Le mouvement se fait le long de (Ox), dans le sens de l'axe : $v_x = v$, donc $\Delta v_x = v_B - v_A = \Delta v$.

a_x est constante, donc $a_x = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$, soit $\Delta v = a_x\,\Delta t$

COMPRENDRE
Si l'accélération variait, $\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ ne donnerait qu'une accélération moyenne. C'est l'hypothèse « $\vec{f}$ constante » qui autorise à remplacer la dérivée par un simple quotient.

3 Calculer la valeur de l'accélération en $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$, puis la comparer à la valeur de 6 G citée dans l'introduction.

Données utiles $v_A = 321\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$; $v_B = 84\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$; $\Delta t = 1{,}50\ \mathrm{s}$; $1\ \mathrm{G} = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

D'après la question 2 : $a_x = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{v_B - v_A}{\Delta t}$, avec les vitesses en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ (division par 3,6).

$$a_x = \frac{\dfrac{84 - 321}{3{,}6}}{1{,}50} = -43{,}9\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$$

Comme $a_y = 0$, la valeur de l'accélération est $a = |a_x| = 43{,}9\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

En G, en gardant la valeur non arrondie : $a = \dfrac{43{,}89}{9{,}81} = 4{,}47\ \mathrm{G}$.

$a = 43{,}9\ \mathrm{m \cdot s^{-2}} = 4{,}47\ \mathrm{G}$: valeur élevée, mais inférieure aux 6 G annoncés.

PIÈGE
Laisser les vitesses en $\mathrm{km \cdot h^{-1}}$: on obtient -158, sans signification en $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$. Autre erreur : annoncer une « valeur » négative, alors qu'une valeur (norme) est positive.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme Δt et comme l'écart de vitesse ($237\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$). Le signe négatif de a_x traduit le freinage : l'accélération est opposée au mouvement.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{\frac{84-321}{3.6}}{1.50} \approx -43.88889$$

$$\frac{\frac{321-84}{3.6}}{\frac{1.50}{9.81}} \approx 4.473893$$

4 Indiquer si le pilote prend un risque pour sa santé lors du freinage.

Données utiles $a = 4{,}47$ G (Q3) ; $\Delta t = 1{,}50$ s ; figure 4

Sur la figure 4, pour une durée de 1,5 s, la courbe limite entre les deux zones se situe vers 18 G.

Le point de coordonnées (1,5 s ; 4,47 G) est très en dessous de cette courbe : il appartient à la zone de risque faible.

$4{,}47\ \text{G} < 18\ \text{G}$: le pilote ne prend pas de risque notable pour sa santé pendant ce freinage.

PIÈGE
L'axe des durées est logarithmique : 1,5 s se place entre 1 et 3, plus près de 1 que du milieu de l'intervalle. Une réponse sans lecture chiffrée de la limite n'est pas justifiée.

5 Montrer que, dans le modèle simplifié, $v_x(t) = -\dfrac{f}{m}t + v_A$ avec $v_A = 89\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Données utiles $v_A = 321\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ à $t = 0$

$a_x = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = -\dfrac{f}{m}$, constante. On cherche une primitive :

$$v_x(t) = -\frac{f}{m}t + C$$

Condition initiale : à $t = 0$, le système est en A et $v_x(0) = v_A$, donc $C = v_A$.

Conversion : $v_A = \dfrac{321}{3{,}6} = 89\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$v_x(t) = -\dfrac{f}{m}t + v_A$ avec $v_A = 89\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (valeur attendue : $89\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

PIÈGE
Oublier la constante d'intégration, ou l'écrire sans la justifier. C'est la condition initiale $v_x(0) = v_A$ qui la fixe : elle doit apparaître sur la copie.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{321}{3.6} \approx 89.16667$$

6 Comparer l'allure du graphique de la figure 5 avec l'allure prédite par la modélisation de la question 5.

Données utiles $a_x = -43{,}9\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$ (Q3) ; $v_A = 89\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

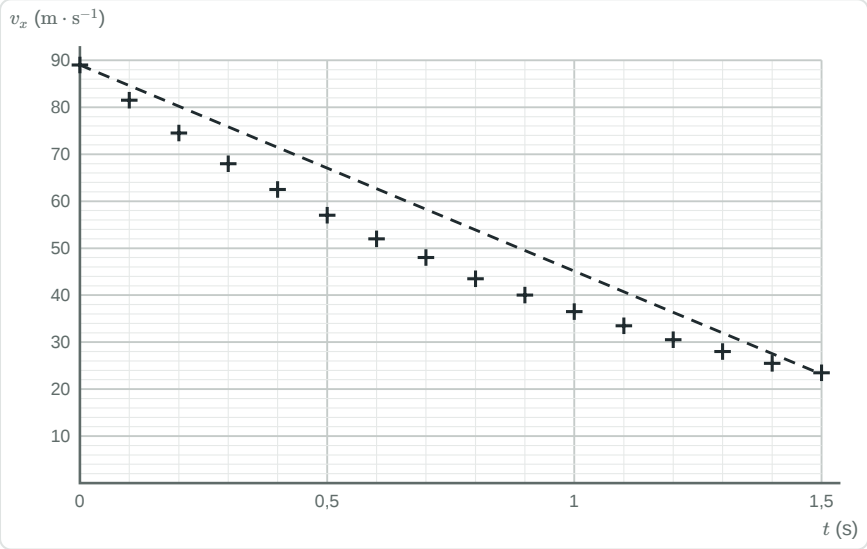
Le modèle prévoit une fonction affine du temps : une droite décroissante, d'ordonnée à l'origine v_A et de coefficient directeur $-\dfrac{f}{m}$.

Sur la figure 5, la vitesse décroît bien à partir de $89\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, mais les points ne sont pas alignés : la vitesse chute d'environ $7\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ par dixième de seconde au début, puis seulement d'environ $2\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ à la fin.

La courbe s'incurve : sa pente diminue en valeur absolue au cours du freinage.

L'allure réelle n'est pas une droite : le modèle affine ne convient qu'au tout début (jusqu'à 0,3 s ou 0,4 s environ), pas sur tout le freinage.

COMPRENDRE
La pente de la courbe est a_x. Au début elle vaut environ $-75\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$, soit plus de 7 G : les 4,47 G de la question 3 ne sont qu'une moyenne, et l'introduction a raison d'annoncer plus de 6 G.



6 · Figure 5 du sujet (croix) et droite du modèle, de pente $-43{,}9\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$ (tirets)

7 Indiquer quelle hypothèse de la modélisation doit être remise en question si on considère l'intégralité du freinage.

La pente de la courbe $v_x(t)$ est $a_x = -\dfrac{f}{m}$. Cette pente varie au cours du freinage alors que m est constante : c'est donc f qui varie.

L'hypothèse à remettre en question est « la force $\vec{f}$ reste constante durant le freinage » : en réalité, sa valeur diminue quand la vitesse diminue.

COMPRENDRE
À très grande vitesse, les frottements de l'air sont importants et s'ajoutent à l'action des freins. Ils faiblissent quand la voiture ralentit : la force totale f diminue, et la décélération avec elle.

Observations de la division de Cassini

Bac 2022 Asie Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1 Expliquer pourquoi la division de Cassini ne peut pas être distinguée à l'œil nu.

Données utiles $\theta_s = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad ; $\theta_{cas} = 3{,}39 \times 10^{-6}$ rad

L'œil ne sépare deux points que si l'angle sous lequel il les voit est au moins égal à son pouvoir de résolution θ_s.

Ici $\theta_{cas} = 3{,}39 \times 10^{-6}$ rad est très inférieur à $\theta_s = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad.

$\theta_{cas} < \theta_s$: les deux bords de la division sont confondus pour l'œil nu, elle n'est pas distinguée.

PIÈGE
Comparer θ_{sat} à θ_s : c'est le diamètre apparent de la division, et non celui de Saturne, qui compte ici. Les exposants sont négatifs : 10^{-6} est plus petit que 10^{-4}.

2 Montrer que le grossissement minimal nécessaire pour observer la division de Cassini est d'environ 89.

Données utiles $\theta_s = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad ; $\theta_{cas} = 3{,}39 \times 10^{-6}$ rad ; $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$

À travers la lunette, la division est vue sous l'angle $\theta' = G\,\theta_{cas}$. Elle est distinguée si $\theta' \geqslant \theta_s$, soit $G \geqslant \dfrac{\theta_s}{\theta_{cas}}$.

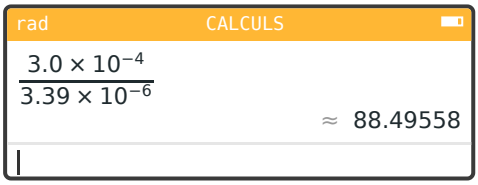
$$G_{min} = \frac{\theta_s}{\theta_{cas}} = \frac{3{,}0 \times 10^{-4}}{3{,}39 \times 10^{-6}} = 88{,}5$$

$G_{min} = 88{,}5 \approx 89$: on retrouve la valeur annoncée.

COMPRENDRE
Un grossissement est un rapport de deux angles : il n'a pas d'unité. Comme c'est un minimum, on arrondit par excès : avec $G = 88$, l'angle θ' resterait légèrement inférieur à θ_s.

MÉTHODE
Pour un seuil de visibilité : écrire la condition sur l'angle de sortie ($\theta' \geqslant \theta_s$), remplacer θ' par $G\,\theta$, puis isoler G.

À LA CALCULATRICE



3 Sur le schéma en annexe, identifier l'objectif et l'oculaire de la lunette en écrivant ces termes au-dessus des lentilles concernées.

L'objectif est la lentille placée du côté de l'objet, qui reçoit la lumière en premier : c'est (L_1).

L'oculaire est la lentille derrière laquelle l'observateur place son œil : c'est (L_2).

(L_1) : objectif ; (L_2) : oculaire (voir l'annexe complétée à la question 4).

COMPRENDRE
Dans une lunette, l'objectif a toujours la plus grande distance focale : ici 650 mm, contre 20 mm au plus pour l'oculaire.

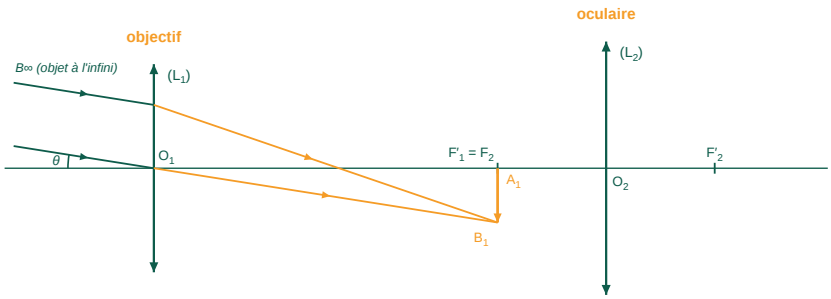
4 Sur le schéma en annexe, construire l'image A_1B_1 de AB donnée par la lentille (L_1).

L'objet AB est à l'infini : son image A_1B_1 se forme dans le plan focal image de (L_1).

- A est sur l'axe optique, donc A_1 est confondu avec F_1'.
- Le rayon issu de B passant par O_1 n'est pas dévié : on le prolonge jusqu'au plan focal image, où il donne B_1.
- Le second rayon issu de B émerge de (L_1) en passant aussi par B_1.

A_1B_1 est le segment perpendiculaire à l'axe, de $A_1 = F_1'$ à B_1, tracé en orange sur l'annexe.

PIÈGE
Faire converger les deux rayons sur l'axe en F_1' : ils sont parallèles entre eux mais inclinés par rapport à l'axe, donc ils se coupent dans le plan focal image, hors de l'axe.



4 · Annexe complétée : objectif, oculaire et image intermédiaire A₁B₁ (questions 3 et 4)

5 Sur le schéma en annexe, représenter le faisceau émergent délimité par les deux rayons issus de B et traversant la lunette.

On prolonge les deux rayons au-delà de B_1 jusqu'à la lentille (L_2).

B_1 est dans le plan focal objet de (L_2) : les rayons qui en sont issus émergent de (L_2) parallèles entre eux.

Leur direction est celle de la droite (B_1O_2), car un rayon passant par le centre optique O_2 n'est pas dévié. On la trace en pointillés, puis on trace les deux rayons émergents parallèlement à elle.

Le faisceau émergent est un faisceau de rayons parallèles à (B_1O_2) (voir l'annexe complétée à la question 7).

MÉTHODE
Pour un point objet dans le plan focal objet d'une lentille : tracer le rayon fictif passant par le centre optique, il donne la direction de tous les rayons émergents.

6 Indiquer la position de l'image définitive B' du point B à travers la lunette et justifier que cette lunette est bien afocale.

Comme F_1' et F_2 sont confondus, l'image intermédiaire B_1, située dans le plan focal image de (L_1), est aussi dans le plan focal objet de (L_2).

Les rayons issus de B_1 sortent donc de (L_2) parallèles entre eux : l'image B' est à l'infini, dans la direction (B_1O_2).

B' est à l'infini : la lunette donne d'un objet à l'infini une image à l'infini, elle est afocale.

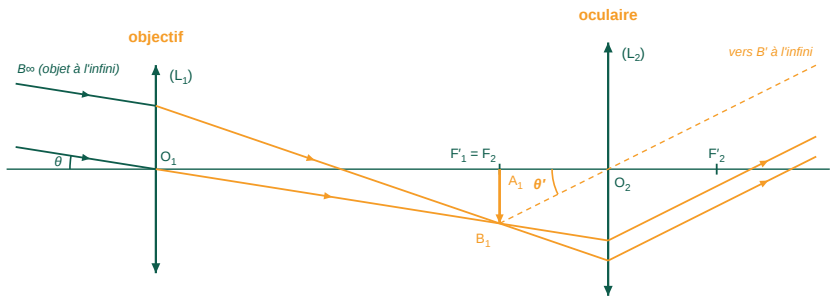
COMPRENDRE
Une image à l'infini est observée sans accommodation par un œil normal : l'observation est sans fatigue. C'est l'intérêt du réglage afocal.

7 Indiquer sur le schéma en annexe le diamètre apparent θ' de l'image à travers la lunette.

A' est à l'infini sur l'axe optique et B' à l'infini dans la direction du faisceau émergent.

θ' est l'angle entre l'axe optique et les rayons émergents ; on le retrouve en O_2, entre l'axe et la droite (B_1O_2).

PIÈGE
Marquer θ' entre les deux rayons émergents : ils sont parallèles, l'angle entre eux est nul. L'angle se repère toujours par rapport à l'axe optique.



7 · Annexe complétée : faisceau émergent et angle θ′ (questions 5 et 7)

8 Établir, en précisant les étapes, la relation liant le grossissement G aux distances focales f_1' et f_2'.

Données utiles $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$; pour un petit angle en radians, $\tan\alpha \simeq \alpha$

Dans le triangle $O_1A_1B_1$, rectangle en A_1, avec $O_1A_1 = O_1F_1' = f_1'$:

$$\tan\theta = \frac{A_1B_1}{f_1'} \quad \text{donc} \quad \theta \simeq \frac{A_1B_1}{f_1'}$$

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1, avec $O_2A_1 = O_2F_2 = f_2'$:

$$\tan\theta' = \frac{A_1B_1}{f_2'} \quad \text{donc} \quad \theta' \simeq \frac{A_1B_1}{f_2'}$$

On en déduit : $G = \dfrac{\theta'}{\theta} = \dfrac{A_1B_1}{f_2'} \times \dfrac{f_1'}{A_1B_1}$

$$\boxed{G = \frac{f_1'}{f_2'}}$$

PIÈGE
Inverser le rapport. Vérification rapide : G doit être supérieur à 1, donc la grande focale (celle de l'objectif) est au numérateur.

COMPRENDRE
L'approximation $\tan\alpha \simeq \alpha$ n'est valable que pour de petits angles exprimés en radians, ce qui est le cas en astronomie.

9 Déterminer, en justifiant, l'oculaire que doit choisir l'utilisateur parmi les trois proposés pour pouvoir observer la division de Cassini.

Données utiles $f'_1 = 650$ mm ; f'_2 : 6 mm, 12,5 mm ou 20 mm ; $G_{min} \approx 89$ (Q2) ; $G = \dfrac{f'_1}{f'_2}$ (Q8)

On calcule le grossissement obtenu avec chaque oculaire, les deux focales étant en millimètres :

- $f'_2 = 6$ mm : $G = \dfrac{650}{6} \approx 108$
- $f'_2 = 12{,}5$ mm : $G = \dfrac{650}{12{,}5} = 52{,}0$
- $f'_2 = 20$ mm : $G = \dfrac{650}{20} \approx 33$

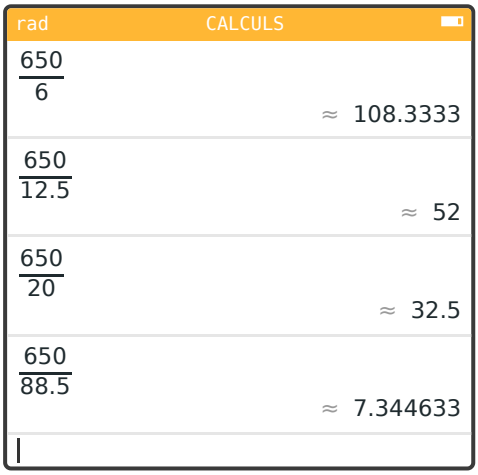
Seul le premier grossissement dépasse $G_{min} \approx 89$.

Il faut choisir l'oculaire de focale 6 mm ($G \approx 108 > 89$).

COMPRENDRE

Plus la focale de l'oculaire est courte, plus le grossissement est grand. Autre voie : $f'_2 \leqslant \dfrac{f'_1}{G_{min}} = 7{,}3$ mm, seul l'oculaire de 6 mm convient.

À LA CALCULATRICE



L'expérience des trous de Young

Bac 2022 Asie Jour 1 · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1 Justifier que la différence de marche δ peut être assimilée à $(S_2M - S_1M)$ lorsque le milieu traversé est l'air.

Données utiles $\delta = n_{\text{milieu}} \cdot (S_2M - S_1M)$; $n_{\text{milieu}} = \dfrac{c}{v_{\text{milieu}}}$; $v_{\text{air}} = c$

Dans l'air, la lumière se propage à la vitesse $v_{\text{air}} = c$, donc $n_{\text{air}} = \dfrac{c}{v_{\text{air}}} = \dfrac{c}{c} = 1$.

$$\boxed{\delta = n_{\text{air}} \cdot (S_2M - S_1M) = S_2M - S_1M}$$

COMPRENDRE
Dans un milieu d'indice $n > 1$ (eau, verre), la lumière est ralentie : la différence de marche est alors multipliée par n.

2 À l'aide du théorème de Pythagore dans les triangles S_1O_1M et S_2O_2M, exprimer $(S_1M)^2$ et $(S_2M)^2$ en fonction de D, x et $\dfrac{b}{2}$.

Le triangle S_1O_1M est rectangle en O_1, avec $S_1O_1 = D$ et $O_1M = x - \dfrac{b}{2}$:

$$(S_1M)^2 = (S_1O_1)^2 + (O_1M)^2 = D^2 + \left(x - \frac{b}{2}\right)^2$$

Le triangle S_2O_2M est rectangle en O_2, avec $S_2O_2 = D$ et $O_2M = x + \dfrac{b}{2}$:

$$\boxed{(S_1M)^2 = D^2 + \left(x - \frac{b}{2}\right)^2 \text{ et } (S_2M)^2 = D^2 + \left(x + \frac{b}{2}\right)^2}$$

PIÈGE
Inverser les signes. Sur la figure 1, O_1 est du même côté que M, à la distance $\dfrac{b}{2}$ de O : O_1M est plus court que x, O_2M plus long.

3 Sachant que $(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = 2\,D\,\delta$, déduire de la question précédente que $\delta = \dfrac{x \cdot b}{D}$.

Données utiles expressions de $(S_1M)^2$ et $(S_2M)^2$ (Q2)

$$(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = D^2 + \left(x + \frac{b}{2}\right)^2 - D^2 - \left(x - \frac{b}{2}\right)^2$$

$$= \left(x^2 + x\,b + \frac{b^2}{4}\right) - \left(x^2 - x\,b + \frac{b^2}{4}\right) = 2\,x\,b$$

Or $(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = 2\,D\,\delta$, donc $2\,D\,\delta = 2\,x\,b$.

$$\boxed{\delta = \frac{x \cdot b}{D}}$$

COMPRENDRE
La relation admise vient de $(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = (S_2M - S_1M)(S_2M + S_1M)$: le premier facteur vaut δ et, comme $D \gg b$, le second est proche de $2D$.

MÉTHODE
Pour aller plus vite : $A^2 - B^2 = (A - B)(A + B)$ avec $A = x + \dfrac{b}{2}$ et $B = x - \dfrac{b}{2}$ donne directement $b \times 2x$.

4 En admettant que $\delta = \dfrac{x \cdot b}{D}$, montrer que $x = \dfrac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}$ pour un point M situé au maximum d'intensité d'une frange brillante.

Données utiles interférences constructives : $\delta = k \cdot \lambda$, avec k entier relatif

Au centre d'une frange brillante, l'intensité est maximale : les interférences y sont constructives, donc $\delta = k \cdot \lambda$ avec k entier relatif.

Avec $\delta = \dfrac{x \cdot b}{D}$: $\dfrac{x \cdot b}{D} = k \cdot \lambda$

$$\boxed{x = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}}$$

COMPRENDRE
Chaque valeur de k repère une frange brillante : $k = 0$ pour la frange centrale ($x = 0$), $k = \pm 1$ pour ses deux voisines, et ainsi de suite.

5 Établir l'expression de l'interfrange i en fonction de λ, b et D.

Données utiles $x = \dfrac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}$ (Q4)

L'interfrange est la distance entre les centres de deux franges brillantes voisines, d'ordres k et $k+1$:

$$i = x_{k+1} - x_k = \frac{(k+1) \cdot \lambda \cdot D}{b} - \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}$$

$$\boxed{i = \frac{\lambda \cdot D}{b}}$$

COMPRENDRE
Le résultat ne dépend pas de k : les franges sont régulièrement espacées. Rapprocher les trous (b plus petit) ou reculer l'écran (D plus grand) élargit les franges.

6 À l'aide de la figure 3, déterminer précisément la valeur de l'interfrange i.

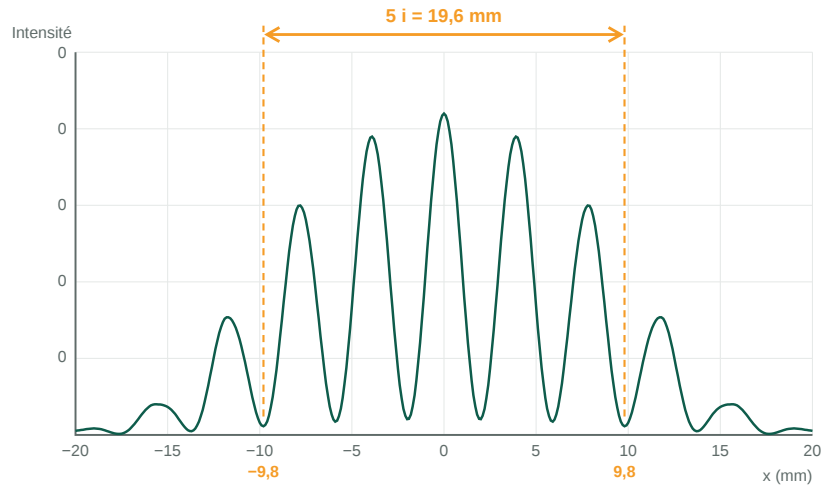
Données utiles figure 3 : minima d'intensité en $x = -9{,}8$ mm et $x = +9{,}8$ mm

Pour réduire l'erreur de lecture, on mesure plusieurs interfranges à la fois.

Sur la figure 3, les minima d'intensité situés en $x = -9{,}8$ mm et $x = +9{,}8$ mm sont séparés par 5 franges brillantes, soit 5 interfranges :

$$5\,i = 9{,}8 - (-9{,}8) = 19{,}6 \text{ mm}$$

$$\boxed{i = \frac{19{,}6}{5} = 3{,}92 \text{ mm}}$$

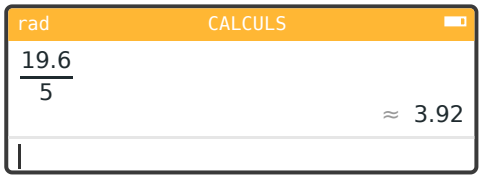


6 · Allure de la figure 3 : cinq interfranges entre deux minima symétriques

PIÈGE
Compter les franges au lieu des intervalles : entre le premier et le dernier de 6 minima consécutifs, il y a 5 interfranges, pas 6.

MÉTHODE
Mesurer N interfranges puis diviser par N : l'erreur de lecture sur la distance totale est elle aussi divisée par N. Les minima, plus étroits que les maxima, se repèrent mieux.

À LA CALCULATRICE



7 En déduire la valeur de la longueur d'onde de la lumière utilisée dans cette expérience.

Données utiles $i = 3{,}92$ mm (Q6) ; $b = 2{,}0 \times 10^{-4}$ m ; $D = 119{,}0$ cm

D'après la question 5, $i = \dfrac{\lambda \cdot D}{b}$, donc $\lambda = \dfrac{i \cdot b}{D}$.

Avec $i = 3{,}92 \times 10^{-3}$ m et $D = 1{,}190$ m :

$$\lambda = \frac{3{,}92 \times 10^{-3} \times 2{,}0 \times 10^{-4}}{1{,}190} = 6{,}59 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\boxed{\lambda \approx 6{,}6 \times 10^{-7} \text{ m, soit environ } 659 \text{ nm}}$$

PIÈGE
Laisser i en mm ou D en cm : toutes les longueurs se convertissent en mètres avant le calcul.

COMPRENDRE
b n'a que deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit $6{,}6 \times 10^{-7}$ m. On garde 659 nm pour la suite, afin de ne pas cumuler les arrondis.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{3.92 \times 10^{-3} \times 2.0 \times 10^{-4}}{1.190} \approx 6.588235 \times 10^{-7}$$

8 Parmi les lasers cités, identifier le (ou les) laser(s) qui ont pu être utilisé(s) pour réaliser l'expérience.

Données utiles $\lambda = 659$ nm (Q7) ; $b = (2{,}0 \pm 0{,}1) \times 10^{-4}$ m ; $D = 119{,}0 \pm 0{,}5$ cm ; $i = 3{,}92$ mm, $u(i) = 0{,}1$ mm ; lasers : 473 nm, 532 nm, 632 nm, 650 nm, 694 nm

Incertitude-type sur la longueur d'onde mesurée :

$$u(\lambda) = \lambda \times \sqrt{\left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

$$u(\lambda) = 659 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}1}{2{,}0}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1}{3{,}92}\right)^2 + \left(\frac{0{,}5}{119{,}0}\right)^2} = 37 \text{ nm}$$

La mesure donne $\lambda = 659 \pm 37$ nm, soit une longueur d'onde comprise entre 622 nm et 696 nm.

- Rouge A (632 nm), rouge B (650 nm) et rouge C (694 nm) sont dans cet intervalle : ils sont compatibles avec la mesure.
- Vert (532 nm) et bleu (473 nm) en sont très éloignés : écarts de 127 nm et 186 nm, soit plus de $3\,u(\lambda)$.

$u(\lambda) = 37$ nm : le laser utilisé peut être le rouge A, le rouge B ou le rouge C.

PIÈGE

Ne retenir que le rouge B, le plus proche de 659 nm. La précision de la mesure ne permet pas de départager les trois lasers rouges.

COMPRENDRE

Chaque rapport est sans unité : b et $u(b)$ en 10^{-4} m, i et $u(i)$ en mm, D et $u(D)$ en cm.
L'incertitude sur b (5 %) domine largement les deux autres.

MÉTHODE

Comparer une mesure à une valeur de référence : calculer $\frac{|\lambda - \lambda_{\text{réf}}|}{u(\lambda)}$. Un rapport inférieur à 2 indique un accord ; ici 0,7 (rouge A), 0,2 (rouge B) et 0,9 (rouge C).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$659 \times \sqrt{\left(\frac{0.1}{2.0}\right)^2 + \left(\frac{0.1}{3.92}\right)^2 + \left(\frac{0.5}{119.0}\right)^2} \approx 37.09429$$

$$\frac{659 - 532}{37} \approx 3.432432$$