Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

# Physique-chimie

Session 2022 • Asie • Jour 1

Code sujet **22PYCJ1JA1** 3 heures 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

## Se repérer dans le corrigé


Exercice 1 — LE VIN ET SES COMPOSANTS
19 réponses • sujet p. 2–15

Exercice A — FORMULE 1 : FREINAGE EN LIGNE DROITE
7 réponses • sujet p. 7–9

Exercice B — OBSERVATION DE LA DIVISION DE CASSINI
9 réponses • sujet p. 10–16

Exercice C — L’EXPÉRIENCE DES TROUS D’YOUNG
8 réponses • sujet p. 12–14


Les numéros, parties et pages renvoient au sujet original. Chaque réponse rappelle la consigne, explique la démarche et donne le résultat.

# Exercice 1

**10 points**

LE VIN ET SES COMPOSANTS

## Partie A

### Question 1.

Sujet p. 2, 3

> Indiquer la couleur correspondant aux radiations les plus absorbées par l'ion $[Fe(SCN)]^{2+}$ et justifier ainsi la couleur de la solution.

Le spectre présente son maximum d'absorption vers $490\,\text{nm}$, dans le domaine cyan indiqué par le cercle chromatique. Une solution apparaît de la couleur complémentaire des radiations qu'elle absorbe principalement : ici, le rouge.

**RÉPONSE À RETENIR**

Les radiations les plus absorbées sont cyan (vers $490\,\text{nm}$) ; la solution apparaît rouge, leur couleur complémentaire.

### Question 2.

Sujet p. 3

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

Pour obtenir une mesure sensible, on choisit une longueur d'onde proche du maximum d'absorption de l'espèce colorée. Le spectre fourni situe ce maximum vers $490\,\text{nm}$.

**RÉPONSE À RETENIR**

On peut réaliser le titrage avec une longueur d'onde d'environ $490\,\text{nm}$.

### Question 3.

Sujet p. 3

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

La réaction de formation du complexe est $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightarrow [\text{Fe(SCN)}]^{2+}$, avec une stœchiométrie de 1:1. L'excès d'ions thiocyanate garantit que les ions fer(III) peuvent tous réagir. La quantité de complexe coloré formé dépend alors de la quantité d'ions fer(III).

**RÉPONSE À RETENIR**

Les ions thiocyanate sont apportés en excès afin que les ions fer(III) soient le réactif limitant et que leur quantité soit représentée par celle du complexe coloré formé.

### Question 4.

Sujet p. 3

> 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.

Lors d'une dilution, la quantité de soluté se conserve, donc $t_0 V_0 = t_2 V_2$. Avec $t_0 = 100\,\text{mg}\,\text{L}^{-1}$, $t_2 = 2{,}0\,\text{mg}\,\text{L}^{-1}$ et $V_2 = 50{,}0\,\text{mL}$ :

$$V_0 = \frac{t_2 V_2}{t_0} = \frac{2{,}0 \times 50{,}0}{100} = 1{,}0\,\text{mL}.$$

**RÉPONSE À RETENIR**

Il faut prélever $V_0 = 1{,}0\,\mathrm{mL}$ de solution mère $S_0$, puis compléter à $50{,}0\,\mathrm{mL}$.

### Question 5.

Sujet p. 4

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

Le graphique met en évidence une droite passant approximativement par l'origine : l'absorbance $A$ est proportionnelle à la concentration massique $t$, soit $A = kt$, dans les conditions de l'expérience.

**RÉPONSE À RETENIR**

L'absorbance est proportionnelle à la concentration massique : c'est la **loi de Beer-Lambert**.

### Question 6.

Sujet p. 2, 4

Pour la solution de vin, on trouve $A_V = 0{,}16$. Déterminer si le vin étudié présente un risque de casse blanche. Justifier.

On lit la concentration correspondant à $A_V = 0{,}16$ sur la droite d'étalonnage. La droite a une pente voisine de $0{,}11\,\mathrm{L\,mg^{-1}}$, d'après sa lecture vers $t = 1{,}0\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$, $A \simeq 0{,}11$. Ainsi, $t_V \simeq 0{,}16/0{,}11 \simeq 1{,}5\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$. Le seuil de risque indiqué est $10\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$.

**RÉPONSE À RETENIR**

La teneur mesurée est d'environ $1{,}5\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$, inférieure au seuil de $10\,\mathrm{mg\,L^{-1}}$ : selon le critère fourni, le vin ne présente pas de risque de casse blanche.

## Partie B

### Question 7.

Sujet p. 5

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

Avant $t = 0$, le bain d'eau glacée ralentit l'estérification et évite que la transformation progresse de manière significative avant le début de l'expérience. Après le prélèvement à la date $t_i$, le refroidissement ralentit fortement la réaction : la composition du tube évolue donc beaucoup moins pendant le titrage, qui renseigne sur l'acide restant à cette date.

**RÉPONSE À RETENIR**

Le bain glacé permet de maîtriser le début de la réaction et de limiter son évolution après le prélèvement, avant le titrage.

### Question 8.

Sujet p. 5

Montrer que le mélange réactionnel préparé est équimolaire.

Pour chaque liquide pur, $n = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M}$. Pour l'acide éthanoïque :

$$n_{\text{acide}} = \frac{1{,}05 \times 115}{60{,}0} = 2{,}0125\,\text{mol}.$$

Pour l'éthanol :

$$n_{\text{éthanol}} = \frac{0{,}789 \times 117}{46{,}0} = 2{,}0068\,\text{mol}.$$

Ces quantités sont égales à la précision des données près : les réactifs sont mélangés en proportions équimolaires.

**RÉPONSE À RETENIR**

Le mélange est équimolaire : il contient environ $2{,}01\,\text{mol}$ d'acide éthanoïque et $2{,}01\,\text{mol}$ d'éthanol.

## Question 9.

Sujet p. 5

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

En supposant les volumes additifs, le volume total du mélange est $115 + 117 = 232\,\text{mL}$. Un tube contenant $2{,}0\,\text{mL}$ de mélange homogène renferme la fraction $2{,}0/232$ de la quantité totale d'acide éthanoïque :

$$n_0 = 2{,}0125 \times \frac{2{,}0}{232} = 1{,}735 \times 10^{-2}\,\text{mol} \simeq 17{,}3\,\text{mmol}.$$

**RÉPONSE À RETENIR**

La quantité initiale d'acide dans chaque tube est bien $n_0 = 17{,}3\,\text{mmol}$.

## Question 10.

Sujet p. 5

> Expliquer le rôle du bleu de thymol.

Le bleu de thymol est un indicateur coloré acido-basique. Sa couleur change dans sa zone de virage, comprise entre pH 8,0 et 9,6. Ce changement permet de repérer expérimentalement l'équivalence du titrage.

**RÉPONSE À RETENIR**

Le bleu de thymol sert à repérer l'équivalence grâce à son changement de couleur.

## Question 11.

Sujet p. 5, 6

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

La réaction de titrage est $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HO}^- \text{ightarrow} \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$. Les coefficients stœchiométriques de l'acide et des ions hydroxyde sont égaux à 1. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : la quantité d'ions hydroxyde versée est égale à la quantité initiale d'acide titrée.

**RÉPONSE À RETENIR**

À l'équivalence, $n(\text{HO}^-)_{\text{versée}} = n(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{initiale}}$ dans l'échantillon titré.

## Question 12.

Sujet p. 5, 6

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

À l'équivalence, la stœchiométrie 1:1 donne $n_{\text{ac},i} = n(\text{HO}^-)_{\text{versée}}$. Or $n(\text{HO}^-) = C_B V_{B,i}$, avec $V_{B,i}$ exprimé en litres. Par conséquent :

**RÉPONSE À RETENIR**

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

avec le volume en litres pour obtenir une quantité en moles.

## Question 13.

Sujet p. 4, 5, 6

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

La réaction (1) est $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Pour un avancement $x$, chaque réactif diminue de $x$ et chaque produit augmente de $x$. Les quantités initiales d'acide et d'éthanol dans un tube sont chacune $n_0$. Le tableau ci-dessous suit l'eau formée par la réaction, sans compter l'eau éventuellement présente comme solvant.

| État | Avancement | Acide éthanoïque | Éthanol | Éthanoate d'éthyle | Eau formée |
|---|---|---|---|---|---|
| Initial | $0$ | $n_0$ | $n_0$ | $0$ | $0$ |
| En cours | $x$ | $n_0 - x$ | $n_0 - x$ | $x$ | $x$ |
| Final | $x_f$ | $n_0 - x_f$ | $n_0 - x_f$ | $x_f$ | $x_f$ |

**RÉPONSE À RETENIR**

À l'état final, la quantité d'ester formé est $x_f$, tandis que la quantité d'acide restant est $n_0 - x_f$.

## Question 14.

Sujet p. 5, 6

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

À la date $t_i$, la quantité d'ester formé est égale à l'avancement $x_i$, car sa quantité initiale est nulle et son coefficient stœchiométrique vaut 1 : $n_i = x_i$. La quantité d'acide restante vaut alors $n_{\text{ac},i} = n_0 - x_i$. En utilisant $n_{\text{ac},i} = C_B V_{B,i}$, on obtient :

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

**RÉPONSE À RETENIR**

$n_i = n_0 - C_B V_{B,i}$, avec $V_{B,i}$ exprimé en litres.

## Question 15.

Sujet p. 6

> Donner la valeur de la quantité de matière $n_2$ manquante dans le tableau des résultats expérimentaux.

Pour le tube 2, $n_0 = 17{,}3\,\text{mmol}$. Comme $C_B = 1{,}0\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}$ et $V_{B,2} = 11{,}3\,\text{mL}$, le titrage correspond à $11{,}3\,\text{mmol}$ d'acide restant. Ainsi :

$$n_2 = 17{,}3 - 11{,}3 = 6{,}0\,\text{mmol} = 6{,}0 \times 10^{-3}\,\text{mol}.$$

**RÉPONSE À RETENIR**

La valeur manquante est $n_2 = 6{,}0 \times 10^{-3}\,\text{mol}$.

## Question 16.

Sujet p. 6, 15

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

La vitesse volumique d'apparition est proportionnelle à la pente de la courbe $n_i(t)$, puisque le volume du milieu réactionnel considéré est constant. La courbe s'aplatit au cours du temps : sa pente diminue, et la vitesse tend vers zéro lorsque la quantité d'ester approche son plateau.

**RÉPONSE À RETENIR**

La vitesse volumique d'apparition de l'ester **décroît au cours du temps** et tend vers zéro en fin d'évolution.

## Question 17.

Sujet p. 6, 15

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

À $t = 20\,\text{min}$, la vitesse volumique se détermine par la pente de la tangente à la courbe $n_i(t)$, divisée par le volume réactionnel du tube. La lecture graphique donne une pente d'environ $\frac{\text{d}n}{\text{d}t} \simeq 1{,}5 \times 10^{-4}\,\text{mol}\,\text{min}^{-1}$. Le volume est $2{,}0\,\text{mL} = 2{,}0 \times 10^{-3}\,\text{L}$. Donc :

$$v_{\text{vol}} \simeq \frac{1{,}5 \times 10^{-4}}{2{,}0 \times 10^{-3}} = 7{,}5 \times 10^{-2}\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}\,\text{min}^{-1}.$$

En secondes, cette valeur est $7{,}5 \times 10^{-2}/60 \simeq 1{,}3 \times 10^{-3}\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}\,\text{s}^{-1}$.

**RÉPONSE À RETENIR**

À $t = 20\,\text{min}$, $v_{\text{vol}} \simeq 7{,}5 \times 10^{-2}\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}\,\text{min}^{-1}$, soit environ $1{,}3 \times 10^{-3}\,\text{mol}\,\text{L}^{-1}\,\text{s}^{-1}$.

## Question 18.

Sujet p. 6, 15

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

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour atteindre la moitié de l'avancement final. Comme l'ester est initialement absent, on le lit sur la courbe au niveau $n = n_f/2$. Le plateau lu sur l'annexe est voisin de $1{,}1 \times 10^{-2}\,\text{mol}$, donc la moitié vaut $5{,}5 \times 10^{-3}\,\text{mol}$. L'intersection de cette horizontale avec la courbe, puis sa projection sur l'axe des temps, donne environ 7 min.

**RÉPONSE À RETENIR**

La construction graphique donne $t_{1/2} \simeq 7\,\text{min}$ (valeur approximative lue sur l'annexe).

## Question 19.

Sujet p. 4, 6, 15

> 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 pouvant avoir une incidence sur la valeur de $t_{1/2}$.

Le temps de demi-réaction au laboratoire, de l'ordre de quelques minutes, est très inférieur à l'échelle de plusieurs mois évoquée pour la formation des esters dans le vin. Dans le protocole, le chauffage au bain-marie d'eau bouillante accélère la réaction. La température, les concentrations et la composition du milieu, ainsi que la présence éventuelle de catalyseurs, peuvent modifier la vitesse et donc $t_{1/2}$. Les conditions de vinification sont différentes de celles du laboratoire et peuvent conduire à une transformation beaucoup plus lente.

**RÉPONSE À RETENIR**

Le temps de demi-réaction mesuré au laboratoire (environ 7 min) est très inférieur à plusieurs mois. Le chauffage accélère la réaction ; les températures, concentrations et conditions du milieu en vinification diffèrent et peuvent expliquer une production plus lente.

# Exercice A

**5 points**

FORMULE 1 : FREINAGE EN LIGNE DROITE

## Question 1.

Sujet p. 7, 8

> En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que les coordonnées du vecteur accélération du système a sont : $a_x(t) = -f/m$ et $a_y(t) = 0$.

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on applique la deuxième loi de Newton au système {voiture + pilote}. L'axe des x est orienté dans le sens du mouvement. Les forces exercées sur le système sont le poids $\vec{P}$, la réaction normale de la route $\vec{R}_N$ et la force de frottement $\vec{f}$, dirigée dans le sens opposé au mouvement.

La projection de la deuxième loi de Newton sur l'axe x donne $-f = ma_x$, donc $a_x(t) = -\frac{f}{m}$. Sur l'axe vertical, la réaction normale compense le poids : $R_N - P = 0$. Ainsi, $ma_y = 0$, d'où $a_y(t) = 0$.

**RÉPONSE À RETENIR**

Les coordonnées de l'accélération sont $a_x(t) = -\frac{f}{m}$ et $a_y(t) = 0$.

## Question 2.

Sujet p. 8

> On désigne par $\Delta v = v_B - v_A$ la variation de la vitesse entre les points A et B et par $\Delta t$ la durée du mouvement entre A et B. Justifier que, dans le cadre de cette étude, on peut écrire $\Delta v = a_x \Delta t$.

La force de frottement est supposée constante pendant le freinage et la masse du système est constante. D'après la deuxième loi de Newton, $a_x = -f/m$ est donc constante. Le mouvement étant rectiligne selon l'axe x, la relation entre la variation de vitesse et l'accélération constante est $v_B - v_A = a_x \Delta t$.

**RÉPONSE À RETENIR**

Dans le cadre de cette étude, $\Delta v = v_B - v_A = a_x \Delta t$.

## Question 3.

Sujet p. 7, 8

> La vitesse passe de la valeur $v_A = 321$ km·h$^{-1}$ au point A à la valeur $v_B = 84$ km·h$^{-1}$ au point B pendant la durée $\Delta t = 1{,}50$ s. Calculer la valeur de l'accélération (en m·s$^{-2}$) à partir de ces données. La comparer avec la valeur de 6 G mentionnée dans le texte introductif. On rappelle : 1 G = 9,81 m·s$^{-2}$.

On convertit d'abord les vitesses en unités SI : $v_A = 321/3{,}6 = 89{,}2\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ et $v_B = 84/3{,}6 = 23{,}3\ \mathrm{m\,s^{-1}}$. À partir de $\Delta v = a_x \Delta t$, on obtient :

$$a_x = \frac{v_B - v_A}{\Delta t} = \frac{23{,}3 - 89{,}2}{1{,}50} \simeq -43{,}9\ \mathrm{m\,s^{-2}}.$$

Le signe négatif indique que l'accélération est opposée au mouvement. Sa valeur absolue, exprimée en G, vaut $43{,}9/9{,}81 \simeq 4{,}5\,G$. À titre de comparaison, $6\,G = 6 \times 9{,}81 = 58{,}9\ \mathrm{m\,s^{-2}}$.

**RÉPONSE À RETENIR**

$a_x \simeq -44\ \mathrm{m\,s^{-2}}$, soit une décélération de valeur $4{,}5\,G$, inférieure à $6\,G$.

## Question 4.

Sujet p. 8

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

On place la situation sur la figure 4 avec une durée de $1{,}50\ \mathrm{s}$ et une accélération de valeur $4{,}5\,G$. À cette durée, la limite entre les zones de risque faible et de danger est nettement au-dessus de $4{,}5\,G$ (elle est de l'ordre de $18\,G$ sur le graphique). Le point correspondant se situe donc dans la zone de risque faible.

**RÉPONSE À RETENIR**

D'après la figure 4, le freinage étudié se situe dans la zone de risque faible, et non dans la zone de danger où des perturbations physiologiques peuvent apparaître. Le risque indiqué par le graphique est donc faible, mais la figure ne permet pas de conclure à une absence absolue de risque.

## Question 5.

Sujet p. 9

> Montrer que, dans le cadre du modèle simplifié utilisé, la coordonnée $v_x(t)$ du vecteur vitesse a pour expression en fonction du temps lors du freinage : $v_x(t) = -(f/m)t + v_A$, avec $v_A = 89\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

Dans le modèle simplifié, la force de frottement est constante. La deuxième loi de Newton donne donc une accélération constante : $a_x = -f/m$. Or $a_x = \mathrm{d}v_x/\mathrm{d}t$. En intégrant entre l'instant initial et l'instant $t$, il vient $v_x(t) - v_x(0) = a_x t = -\frac{f}{m}t$. Comme $v_x(0) = v_A$, on obtient l'expression demandée. La vitesse initiale vaut $321/3{,}6 = 89{,}2\ \mathrm{m\,s^{-1}}$, arrondie à $89\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ dans le sujet.

**RÉPONSE À RETENIR**

$$v_x(t) = -\frac{f}{m}t + v_A, \qquad v_A = 89\ \mathrm{m\,s^{-1}}.$$

Le modèle prévoit une droite décroissante de pente constante $-f/m$.

## Question 6.

Sujet p. 9

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

La relation obtenue à la question 5 prévoit une vitesse affine du temps, donc une droite décroissante. Sur la figure 5, les points expérimentaux décroissent mais ne sont pas alignés sur une droite : la baisse de vitesse est plus rapide au début, puis ralentit. Par exemple, la vitesse passe d'environ $89\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ à $t = 0$ à environ $23\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ à $t = 1{,}5\ \mathrm{s}$, avec une évolution courbe entre ces instants.

**RÉPONSE À RETENIR**

La vitesse mesurée diminue comme le prévoit le modèle, mais son évolution n'est pas linéaire : la pente varie au cours du temps, contrairement à la droite prévue par le modèle à accélération constante.

## Question 7.

Sujet p. 7, 9

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

Dans le modèle, la force de frottement $\vec{f}$ est supposée constante. Cela entraîne une accélération constante et donc une vitesse affine du temps. Or la figure 5 montre que la pente de l'évolution de la vitesse varie. Il faut donc remettre en question l'hypothèse de constance de la force de frottement pendant l'intégralité du freinage.

**RÉPONSE À RETENIR**

L'hypothèse à remettre en question est que la force de frottement $\vec{f}$ reste constante pendant l'intégralité du freinage.

# Exercice B

**5 points**

OBSERVATION DE LA DIVISION DE CASSINI

## Grossissement nécessaire

### Question 1.

Sujet p. 10

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

Pour que l'œil distingue deux points, leur séparation angulaire doit être au moins égale à son pouvoir de résolution. On compare donc le diamètre apparent de la division de Cassini, $\theta_{\text{cas}} = 3{,}39 \times 10^{-6}\ \text{rad}$, au pouvoir de résolution de l'œil, $\theta_s = 3{,}0 \times 10^{-4}\ \text{rad}$.

Comme $\theta_{\text{cas}} < \theta_s$, l'œil ne résout pas la division.

**RÉPONSE À RETENIR**

La division de Cassini ne peut pas être distinguée à l'œil nu, car son diamètre apparent est inférieur au pouvoir de résolution de l'œil.

### Question 2.

Sujet p. 10

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

À la limite de visibilité, le diamètre apparent à travers la lunette doit égaler le pouvoir de résolution de l'œil : $\theta' = \theta_s$. D'après la définition du grossissement, $G = \theta'/\theta$. Pour la division de Cassini, le grossissement minimal est donc :

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

Le grossissement est sans unité.

**RÉPONSE À RETENIR**

Le grossissement minimal nécessaire est d'environ $89$.

## Modélisation de la lunette astronomique utilisée

### Question 3.

Sujet p. 11, 16

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

La lumière venant de l'objet traverse d'abord $(L_1)$, qui forme l'image intermédiaire : cette lentille est l'objectif. La lentille $(L_2)$, placée du côté de l'œil, permet d'observer cette image : c'est l'oculaire.

**RÉPONSE À RETENIR**

Inscrire « objectif » au-dessus de $(L_1)$ et « oculaire » au-dessus de $(L_2)$.

### Question 4.

Sujet p. 11, 16

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

Les rayons issus de $A$, point à l'infini sur l'axe optique, arrivent parallèlement à l'axe sur $(L_1)$ et convergent en son foyer image $F_1'$. Ainsi, $A_1 = F_1'$. Les rayons issus de $B$, également parallèles entre eux à l'arrivée sur $(L_1)$, convergent en un point $B_1$ du plan focal image de cette lentille. Ce point se construit à l'intersection des deux rayons réfractés par $(L_1)$. Le réglage indiqué dans le sujet impose $F_1' = F_2$ : l'image intermédiaire est donc aussi dans le plan focal objet de $(L_2)$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Placer $A_1$ en $F_1'$, puis construire $B_1$ à l'intersection des deux rayons issus de $B$ après leur réfraction par $(L_1)$. L'image $A_1B_1$ est dans le plan focal image de l'objectif.

### Question 5.

Sujet p. 11, 16

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

Les rayons issus de $B$ convergent après $(L_1)$ en $B_1$, puis arrivent sur l'oculaire comme s'ils provenaient de ce point. Or $B_1$ est dans le plan focal objet de $(L_2)$. Une lentille convergente donne alors un faisceau émergent parallèle. Sur le schéma, prolonger les rayons réfractés par $(L_1)$ jusqu'à $B_1$, puis tracer, après $(L_2)$, les deux rayons émergents parallèles entre eux.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le faisceau émergent délimité par les deux rayons issus de $B$ est parallèle après l'oculaire $(L_2)$.

### Question 6.

Sujet p. 11, 16

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

Les rayons émergents associés à $B$ sont parallèles : ils ne se rejoignent pas à distance finie et leur image est donc à l'infini. Le réglage $F_1' = F_2$ place l'image intermédiaire dans le plan focal objet de l'oculaire, ce qui explique le parallélisme des faisceaux émergents. La lunette donne ainsi une image à l'infini d'un objet situé à l'infini : elle est afocale.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'image définitive $B'$ est à l'infini. La lunette est afocale car les faisceaux émergents sont parallèles.

### Question 7.

Sujet p. 11, 16

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

Le point $A$, situé sur l'axe optique, donne un faisceau émergent parallèle à cet axe. Le diamètre apparent $\theta'$ de l'image est l'angle entre cette direction et celle du faisceau émergent associé à $B$.

**RÉPONSE À RETENIR**

Sur le schéma, indiquer $\theta'$ à la sortie de l'oculaire, entre l'axe optique et la direction des rayons émergents associés à $B$.

### Question 8.

Sujet p. 10, 11

Établir, en précisant les étapes, la relation liant le grossissement G aux distances focales f'$_1$ et f'$_2$.

Notons $|A_1B_1|$ la hauteur de l'image intermédiaire. Pour un petit angle d'incidence $\theta$, la géométrie au niveau de l'objectif donne :

$$|A_1B_1| = f_1' \tan\theta \simeq f_1'\theta.$$

Comme $A_1B_1$ est dans le plan focal objet de l'oculaire, les rayons émergent parallèlement sous l'angle $\theta'$. La géométrie au niveau de l'oculaire donne :

$$|A_1B_1| = f_2' \tan\theta' \simeq f_2'\theta'.$$

En égalant ces deux expressions, on obtient $f_1'\theta \simeq f_2'\theta'$. Par conséquent, pour le grossissement défini comme le rapport des diamètres apparents :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{f_1'}{f_2'}.$$

**RÉPONSE À RETENIR**

Le grossissement, en valeur absolue, est $G = \dfrac{f_1'}{f_2'}$.

## Choix de l'oculaire

### Question 9.

Sujet p. 10, 11

Sur la base des résultats précédents, déterminer l'oculaire que doit choisir l'utilisateur parmi les trois proposés en introduction pour pouvoir observer la division de Cassini. Justifier.

La focale de l'objectif est $f_1' = 650\ \text{mm}$. Avec $G = f_1'/f_2'$, les grossissements associés aux trois oculaires sont :

- pour $f_2' = 6\ \text{mm}$, $G = 650/6 \approx 108$ ;
- pour $f_2' = 12{,}5\ \text{mm}$, $G = 650/12{,}5 = 52$ ;
- pour $f_2' = 20\ \text{mm}$, $G = 650/20 = 32{,}5$.

Le grossissement doit être au moins égal à environ $89$. Seul l'oculaire de $6\ \text{mm}$ convient.

**RÉPONSE À RETENIR**

Il faut choisir l'oculaire de focale $6\ \text{mm}$, qui donne un grossissement d'environ $108$, supérieur au minimum requis d'environ $89$.

# Exercice C

**5 points**

L'EXPÉRIENCE DES TROUS D'YOUNG

## Relation entre l'interfrange et la longueur d'onde

### Question 1.

Sujet p. 12

> Justifier que la différence de marche δ peut être assimilée à ($S_2M - S_1M$) dans le cas où le milieu traversé par les ondes lumineuses est l'air.

La différence de marche est définie par $\delta = n_{\text{milieu}}(S_2M - S_1M)$. Dans l'air, l'indice vaut $n_{\text{air}} = c/v_{\text{air}} = 1$, puisque la vitesse de la lumière dans l'air est prise égale à $c$. La différence de marche est donc égale à la différence des distances parcourues.

**RÉPONSE À RETENIR**

Dans l'air, $\boxed{\delta = S_2M - S_1M}$.

### Question 2.

Sujet p. 12

> En appliquant le théorème de Pythagore dans les triangles $S_1O_1M$ et $S_2O_2M$ de la figure 1, donner les expressions de $(S_1M)^2$ et $(S_2M)^2$ en fonction de D, x et b/2.

Sur la figure, $O_1$ et $O_2$ sont les projections de $S_1$ et $S_2$ sur l'écran, et $O$ est à mi-hauteur entre elles. Le point $M$ est situé à la hauteur $x$ par rapport à $O$. Ainsi, les écarts verticaux entre $M$ et les projections sont respectivement $x - b/2$ pour $O_1$ et $x + b/2$ pour $O_2$. Dans les deux triangles rectangles, la distance horizontale vaut $D$. Le théorème de Pythagore donne :

**RÉPONSE À RETENIR**

$\boxed{(S_1M)^2 = D^2 + (x - b/2)^2}$ et $\boxed{(S_2M)^2 = D^2 + (x + b/2)^2}$.

### Question 3.

Sujet p. 12

> La distance D entre les trous d'Young et l'écran étant très supérieure à b, on peut montrer que $(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = 2D\delta$. En s'appuyant sur les résultats de la question précédente, en déduire que la différence de marche s'écrit : $\delta = xb/D$.

À partir des expressions obtenues à la question 2, les termes $D^2$ s'annulent dans la différence des carrés :

$(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = (x + b/2)^2 - (x - b/2)^2 = 2xb$.

L'énoncé donne également $(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = 2D\delta$. En égalant ces expressions et en divisant par $2D$, on obtient la différence de marche.

**RÉPONSE À RETENIR**

$2xb = 2D\delta$, donc $\boxed{\delta = \dfrac{xb}{D}}$.

## Question 4.

Sujet p. 12, 13

> À l'aide des données et en admettant que δ = xb/D, montrer que x = kλD/b pour un point M situé au maximum d'intensité d'une frange brillante.

Au maximum d'intensité d'une frange brillante, les interférences sont constructives : la différence de marche vérifie $\delta = k\lambda$, où $k$ est un entier relatif. En utilisant $\delta = xb/D$, on obtient $xb/D = k\lambda$, puis on isole $x$.

**RÉPONSE À RETENIR**

La position d'un maximum brillant vérifie $\boxed{x = \dfrac{k\lambda D}{b}}$.

## Question 5.

Sujet p. 13, 14

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

Les positions des franges brillantes sont $x_k = k\lambda D/b$. Deux franges brillantes consécutives correspondent aux entiers $k$ et $k+1$. Leur écart est $x_{k+1} - x_k = ((k+1) - k)\lambda D/b$, et cet écart est l'interfrange.

**RÉPONSE À RETENIR**

$\boxed{i = \dfrac{\lambda D}{b}}$.

## Question 6.

Sujet p. 13, 14

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

Sur la figure 3, les maxima brillants successifs sont espacés d'environ $3{,}8\ \text{mm}$ sur l'axe des abscisses. On peut notamment lire des maxima proches de $-3{,}8\ \text{mm}$, $0\ \text{mm}$ et $+3{,}8\ \text{mm}$. La mesure sur plusieurs intervalles successifs confirme cette valeur.

**RÉPONSE À RETENIR**

La lecture de la figure donne $\boxed{i \simeq 3{,}8\ \text{mm}}$.

## Question 7.

Sujet p. 13, 14

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

La relation $i = \lambda D/b$ donne $\lambda = ib/D$. En unités SI, $i = 3{,}8 \times 10^{-3}\ \text{m}$, $b = 2{,}0 \times 10^{-4}\ \text{m}$ et $D = 119{,}0\ \text{cm} = 1{,}190\ \text{m}$. Ainsi, $\lambda = (3{,}8 \times 10^{-3})(2{,}0 \times 10^{-4})/1{,}190$.

**RÉPONSE À RETENIR**

$\lambda \simeq 6{,}39 \times 10^{-7}\ \text{m}$, soit $\boxed{\lambda \simeq 639\ \text{nm}}$ (environ $640\ \text{nm}$).

## Identification du laser utilisé

### Question 8.

Sujet p. 13, 14

> Parmi les lasers cités, identifier le ou les lasers qui ont pu être utilisés pour réaliser l'expérience : bleu (473 nm), vert (532 nm), rouge A (632 nm), rouge B (650 nm) ou rouge C (694 nm). On admet que u(λ) = λ√[(u(b)/b)² + (u(i)/i)² + (u(D)/D)²] ; les données sont b = (2,0 ± 0,1) × 10⁻⁴ m, D = 119,0 ± 0,5 cm et u(i) = 0,1 mm. Le candidat est invité à prendre des initiatives, à justifier ses choix et à présenter sa démarche.

On utilise $u(b) = 0{,}1 \times 10^{-4}\ \text{m}$, $b = 2{,}0 \times 10^{-4}\ \text{m}$, $u(i) = 0{,}1\ \text{mm}$, $i = 3{,}8\ \text{mm}$, $u(D) = 0{,}5\ \text{cm}$ et $D = 119{,}0\ \text{cm}$. Les rapports d'incertitude sont donc $u(b)/b = 0{,}1/2{,}0$, $u(i)/i = 0{,}1/3{,}8$ et $u(D)/D = 0{,}5/119{,}0$. La relation fournie donne :

$$u(\lambda) = 639\sqrt{(0{,}1/2{,}0)^2 + (0{,}1/3{,}8)^2 + (0{,}5/119{,}0)^2}\ \text{nm} \simeq 36\ \text{nm}.$$

La valeur mesurée est ainsi compatible, à une incertitude-type près, avec les longueurs d'onde comprises entre environ $603\ \text{nm}$ et $675\ \text{nm}$. Parmi les valeurs proposées, celles comprises dans cet intervalle conviennent.

**RÉPONSE À RETENIR**

On obtient $\lambda = (639 \pm 36)\ \text{nm}$, soit un intervalle d'environ $[603 ; 675]\ \text{nm}$. Les lasers compatibles sont le $\boxed{\text{rouge A } (632\ \text{nm})}$ et le $\boxed{\text{rouge B } (650\ \text{nm})}$. Les autres longueurs d'onde proposées sont hors de cet intervalle.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2022/spe-physique-chimie-2022-asie-1-sujet-officiel.pdf
© FormaV EI • Proposition de correction, distincte d'un corrigé officiel.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.