

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

Session 2024

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 1 - Correction

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

Matériel autorisé

L'usage de la calculatrice avec le mode examen activé est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.

Dès que le sujet est remis, assurez- vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11

Le candidat traite l'intégralité du sujet, qui se compose de **3 exercices.**

ATTENTION : l'annexe (page 8/14) est à rendre avec la copie.

Problème A : Étude de l'observation des oiseaux (10 points)

Q1. Justifier que la position de l'image A'B' de l'oie par la lentille L est telle que $\overline{OA'} = 17 \text{ mm}$.

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} \Leftrightarrow \overline{OA'} = \left(\frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} \right)^{-1} \text{ avec } \overline{OA} = -280 \text{ m et } f' = 17 \text{ mm} = 1,7 \times 10^{-2} \text{ m.}$$

$$\overline{OA'} = \left(\frac{1}{-280} + \frac{1}{17 \times 10^{-3}} \right)^{-1} = 1,7 \times 10^{-2} \text{ m} = 17 \text{ mm.}$$

$$\left(\frac{1}{-280} + \frac{1}{17 \times 10^{-3}} \right)^{-1} = 0.0170010322$$

L'image de l'oie se forme sur la rétine.

(1pt)

Remarque : à 280 m, l'objet AB est considéré à l'infini.

Ainsi : $\overline{OA} \rightarrow -\infty$ et $\frac{1}{\overline{OA}} \rightarrow 0$ donc $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{f'}$ et $\overline{OA'} = f' = 17 \text{ mm}$.

Q2. Vérifier que la taille de l'image A'B' de l'oie sur la rétine de l'observateur est voisine de 49 μm . Sachant que la rétine est assimilée à un disque de rayon égal à 6 mm centré en F', préciser si l'oie est vue en entier par un observateur.

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \text{ soit } \overline{A'B'} = \frac{\overline{OA'} \times \overline{AB}}{\overline{OA}} \text{ avec } \overline{OA'} = f' = 17 \text{ mm} ; \overline{AB} = 80 \text{ cm et } \overline{OA} = -280 \text{ m.}$$

$$\overline{A'B'} = \frac{17 \times 10^{-3} \times 80 \times 10^{-2}}{(-280)} = -4,9 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\frac{17 \times 10^{-3} \times 80 \times 10^{-2}}{-280} = -4.85714286 \times 10^{-5}$$

(0,75pt) Donc la taille de l'oie sur la rétine vaut $\overline{AB} = 49 \times 10^{-6} \text{ m} = 49 \mu\text{m}$.

Comme $49 \times 10^{-6} \text{ m} < 6 \text{ mm} = 6 \times 10^{-3} \text{ m}$, l'oie est vue en entier par l'observateur.

Q3. Déterminer la distance minimale séparant deux points A et B d'un objet pouvant être vus lorsqu'ils sont situés à une distance de 280 m de l'œil.

En déduire si l'oie peut être vue distinctement par l'observateur à l'œil nu puis déterminer si le bec de l'oie peut être observé distinctement.

(0,75pt) Un objet est vu distinctement par l'œil si $\alpha > \alpha_m = 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$.

Or $\tan \alpha = \frac{AB}{OA} \approx \alpha$ dans l'approximation des petits angles.

Pour $\alpha = \alpha_m$ on a $AB = d_m =$ distance minimale entre A et B

soit $\alpha_m = \frac{d_m}{OA}$ d'où : $d_m = OA \times \alpha_m$

$$d_m = 280 \times 3 \times 10^{-4} \text{ m} = 8,4 \times 10^{-2} \text{ m} = 8,4 \text{ cm.}$$

L'oie mesure 80 cm > 8,4 cm : elle est vue distinctement à l'œil nu.

Le bec mesure 7 cm < 8,4 cm : il n'est pas vu distinctement à l'œil nu.

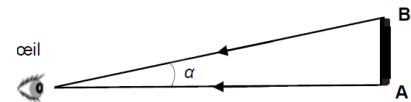


Figure 2. L'objet AB est vu sous un angle α par l'œil. Il peut être distinctement vu par l'œil si $\alpha > \alpha_m$

2. Observation avec une longue-vue assimilée à une lunette astronomique afocale

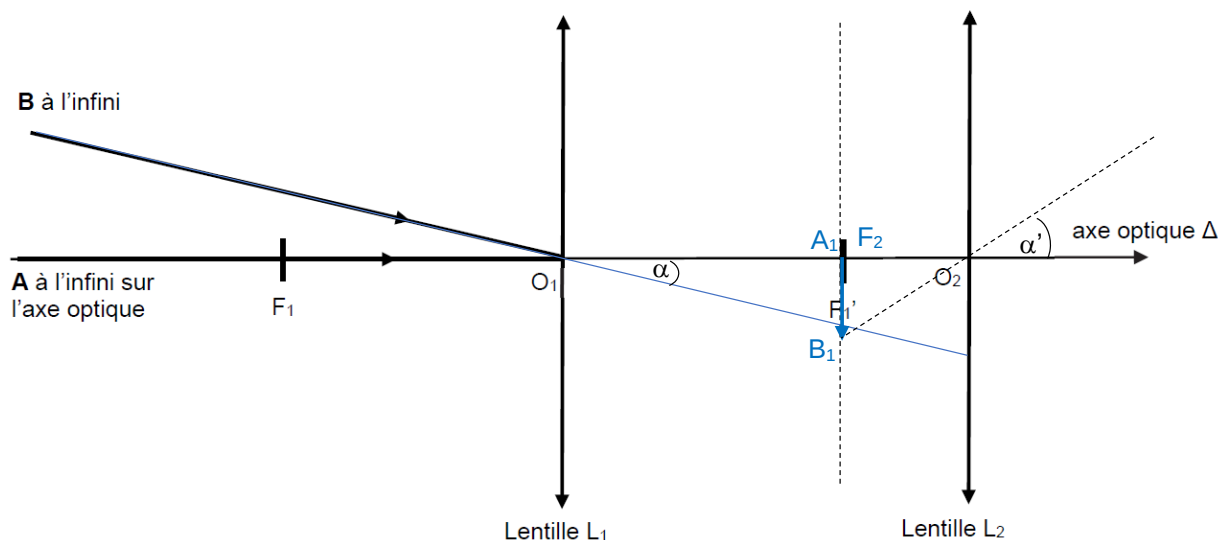
Q4. Compléter la figure A1 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE pour représenter l'image A₁B₁ formée par la lentille L₁ d'un objet AB (représentant l'oie) situé à l'infini.

(0,5pt) L'oie est située à l'infini. Son image A₁B₁ par la lentille L₁ est située dans le plan focal image de L₁, passant par F'₁ (en pointillés). Le point A₁ est confondu avec le foyer image F'₁ de L₁.

Le rayon issu du point B et passant par O₁ n'est donc pas dévié. Il coupe le plan focal image de L₁ en B₁.

Q5. Placer, en justifiant, le foyer objet F₂ de la lentille L₂ sur la figure A₁ de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.

(0,5pt) La lunette astronomique étant afocale le foyer objet F₂ est confondu avec le foyer image F'₁.



Q6. En considérant les angles α et α' exprimés en radians comme petits, montrer que le grossissement de la lunette astronomique afocale peut s'exprimer par la relation : $G = \frac{f_1'}{f_2}$.

(1,5 pt) $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$.

Dans le triangle $O_1A_1B_1$ $\tan \alpha = \frac{A_1B_1}{O_1F_1'} = \frac{A_1B_1}{f_1'} \approx \alpha$.

Dans le triangle $O_2A_1B_1$ $\tan \alpha' = \frac{A_1B_1}{O_2F_2} = \frac{A_1B_1}{O_2F_2'} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \approx \alpha'$.

$$G = \frac{\frac{A_1B_1}{f_2'}}{\frac{A_1B_1}{f_1'}} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \times \frac{f_1'}{A_1B_1} = \frac{f_1'}{f_2'} \text{ soit } \boxed{G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_1'}{f_2'}}$$

Q7. Calculer la valeur du grossissement G de la lunette astronomique afocale.

(0,5pt) $G = \frac{450 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 15$.

Q8. Indiquer en justifiant si l'observateur voit distinctement, à travers la longue-vue, le bec de l'oie située à 280 m.

(1pt) $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = 15$ donc $\alpha' = G \times \alpha$.

Avec α l'angle sous lequel est vu le bec de taille $AB = 7 \text{ cm}$ à la distance $O_1A = 280 \text{ m}$.

$\tan \alpha = \frac{AB}{O_1A} \approx \alpha$ donc $\alpha' = G \times \frac{AB}{O_1A}$.

$\alpha' = 15 \times \frac{7 \times 10^{-2}}{280} = 3,75 \times 10^{-3} \text{ rad} > 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$.

$15 \times \frac{7 \times 10^{-2}}{280}$
$\frac{3}{800}$
Rep ▶ Dec
3.75×10^{-3}

L'observateur voit donc distinctement le bec de l'oie centrée à 280 m à travers la longue vue.

3. Structure de la plume d'une oie cendrée

Q9. Préciser la condition que doit vérifier la différence de chemin optique δ pour que les ondes issues des fentes interfèrent de manière constructive au point M. Indiquer en justifiant dans ce cas si la frange au point O' est brillante ou sombre.

(0,75pt) Interférences constructives : $\delta = k \times \lambda$ avec k entier relatif.

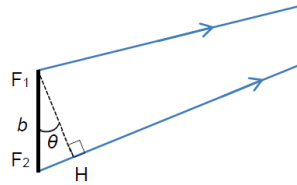
Au point O' : $F_1O' = F_2O'$ donc $\delta = F_2M - F_1M = 0$. Cas particulier de $\delta = k \times \lambda$ pour $k = 0$.

Au point O', on observe une frange brillante car les interférences sont constructives.

Q10. Montrer que, dans les conditions de l'expérience ($\theta \ll 1$ rad), il est possible d'exprimer la différence de chemin optique par la relation suivante : $\delta = b \cdot \theta$.

(0,5pt) Cas des petits angles : $\sin \theta \approx \theta$

$$\sin \theta = \frac{F_2H}{b} = \frac{\delta}{b} \approx \theta \quad \text{donc} \quad \boxed{\delta = b \cdot \theta}$$

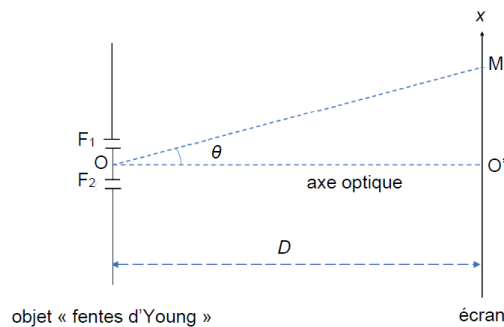


Q11. Après avoir exprimé l'angle θ en fonction de D et x , montrer que la différence de chemin optique δ a pour expression : $\delta = \frac{b \cdot x}{D}$.

(0,5pt) $\tan \theta = \frac{O'M}{D} = \frac{x}{D} \approx \theta$ et $\theta = \frac{\delta}{b}$.

En égalant les deux expressions de θ il vient :

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



Q12. En déduire l'expression des abscisses x_k des franges brillantes, en fonction de λ , D , b et d'un entier relatif k .

(0,5pt) Les franges brillantes ont des abscisses x_k telles que : $\delta = \frac{b \cdot x_k}{D}$.

Par ailleurs : $\delta = k \times \lambda$

Donc : $\frac{b \cdot x_k}{D} = \lambda \cdot k$ et finalement : $\boxed{x_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}}$

Q13. Montrer que l'interfrange i est donnée par l'expression littérale suivante : $i = \frac{\lambda \cdot D}{b}$.

(0,5pt) L'interfrange s'écrit : $i = x_{k+1} - x_k \Leftrightarrow i = \frac{(k+1) \cdot \lambda \cdot D}{b} - \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}$ et finalement : $\boxed{i = \frac{\lambda \cdot D}{b}}$

Q14. Montrer que le modèle simplifié permet d'expliquer certaines caractéristiques de la figure d'interférences observée sur la figure A2 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE. Dans les cases vides de cette figure, identifier, en justifiant, l'axe O'x puis l'axe O'y.

(0,75pt) Les barbes et les barbules ont des directions pratiquement perpendiculaires : il en est de même de leurs figures de diffraction.

Exprimons les interfranges sur les axes O'x et O'y :

$$i_x = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda \cdot D}{b_{\text{barbe}}} \quad \text{et} \quad i_y = y_{\ell+1} - y_{\ell} = \frac{\lambda \cdot D}{b_{\text{barbule}}}$$

Or $b_{\text{barbule}} < b_{\text{barbe}}$ donc pour $\lambda \cdot D$ fixé et positif : $\frac{\lambda \cdot D}{b_{\text{barbule}}} > \frac{\lambda \cdot D}{b_{\text{barbe}}}$ soit $i_y > i_x$.

L'interfrange sur O'y est plus grand que l'interfrange sur O'x.

On en déduit la position des axes O'x et O'y (voir fin correction).

La figure A2 montre que $i_2 > i_1$ donc : $i_2 = i_y = i_{\text{barbule}}$ et $i_1 = i_x = i_{\text{barbe}}$

Q15. En exploitant la figure A2 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, évaluer les valeurs des interfranges i_1 et i_2 puis en déduire les valeurs des espacements b_{barbule} et b_{barbe} .

(1pt) Graphiquement 4,0 cm sur le schéma représentent 1,0 cm dans la réalité.

Pour les barbules :

Schéma Réalité

5,1 cm $\Leftrightarrow i_2$

$$4,0 \text{ cm} \Leftrightarrow 1,0 \text{ cm} \Rightarrow i_2 = \frac{5,1 \times 1,0}{4,0} \text{ cm} = 1,3 \text{ cm} = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}.$$

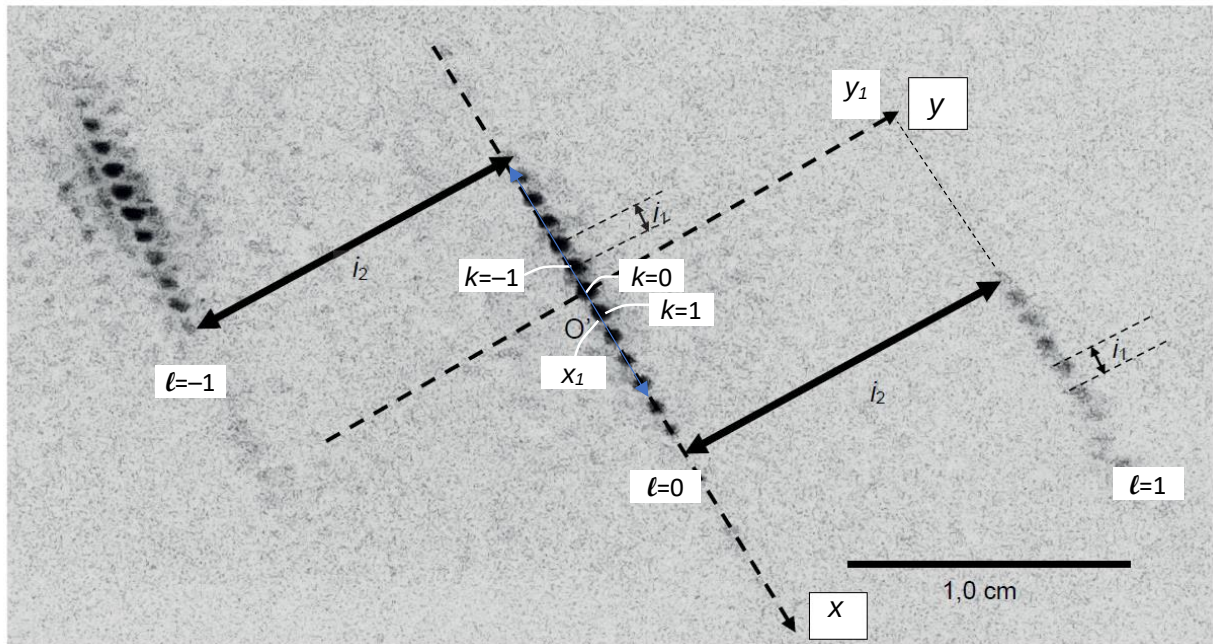
Pour les barbes :

Schéma Réalité

3,9 cm $\Leftrightarrow 10 \times i_1$

$$4,0 \text{ cm} \Leftrightarrow 1,0 \text{ cm} \Rightarrow i_1 = \frac{3,9 \times 1,0}{10 \times 4,0} = 0,098 \text{ cm} = 9,8 \times 10^{-4} \text{ m}.$$

$$\begin{array}{r} 5.1 \times 1.0 / 4.0 \\ 1.275 \\ 3.9 \times 1.0 / 40 \\ .0975 \end{array}$$



$$b = \frac{\lambda \cdot D}{i} \text{ donc :}$$

$$b_{\text{barbule}} = \frac{\lambda \cdot D}{i_2} = \frac{650 \times 10^{-9} \times 74 \times 10^{-2}}{1,3 \times 10^{-2}} = 3,7 \times 10^{-5} \text{ m} = 37 \text{ } \mu\text{m}.$$

$$b_{\text{barbe}} = \frac{\lambda \cdot D}{i_1} = \frac{650 \times 10^{-9} \times 74 \times 10^{-2}}{9,8 \times 10^{-4}} = 4,9 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,49 \text{ mm}.$$

$$\begin{array}{r} 650\text{E-}9 \times 74\text{E-}2 / 1.3 \\ \text{E-}2 \\ 3.7\text{E-}5 \\ 650\text{E-}9 \times 74\text{E-}2 / 9.8 \\ \text{E-}4 \\ 4.908163265\text{E-}4 \end{array}$$

Merci de nous signaler d'éventuelles erreurs : labolycee@labolycee.org (0,5pt)

Problème B : Effet Doppler (5 points)

1. Cinémomètre Doppler

1.1. (0,5) Une source d'onde de fréquence f_{source} est perçue par un récepteur en mouvement à une fréquence différente $f_{récepteur}$. La fréquence perçue dépend de la vitesse relative du récepteur par rapport à la source émettrice.

Si la source et le récepteur sont en approche relative alors $f_{récepteur} > f_{source}$. Si la source émet des ondes sonores, elles seront perçues plus aiguës par le récepteur en mouvement relatif.

Si la source et le récepteur s'éloignent relativement alors $f_{récepteur} < f_{source}$. Si la source émet des ondes sonores, elles seront perçues plus graves par le récepteur en mouvement relatif.

Ce phénomène est appelé effet Doppler. Il s'applique également aux ondes électromagnétiques dont la lumière.

1.2. (0,5) Sur la figure présentée la cible réfléchit les ondes du cinémomètre. La cible joue alors le rôle de l'émetteur (ou source). Tandis que le cinémomètre (en A ou B) est le récepteur.

Comme la cible s'approche de l'émetteur alors $f_{récepteur} > f_{source}$ soit dans le contexte $f_{AouB} > f_{source}$.

L'observation du schéma montre que A perçoit une onde de longueur d'onde λ_A inférieure à celle λ_B perçue par B.

$$\lambda_A < \lambda_B$$

Comme $\lambda = \frac{v}{f}$ et que l'onde possède partout la même

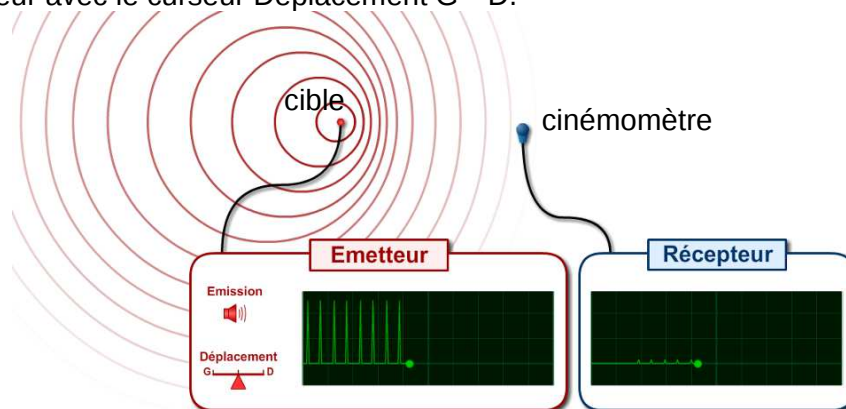
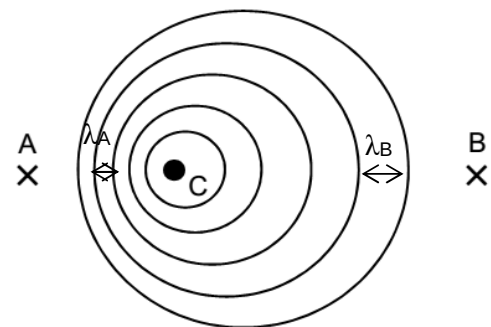
célérité v alors $\frac{v}{f_A} < \frac{v}{f_B}$. On en déduit que $f_A > f_B$.

Ainsi pour A, il perçoit $f_A > f_{source}$, c'est que la cible s'approche de lui.

Pour B, $f_B < f_{source}$, la cible s'éloigne de B.

Le cinémomètre est situé en A puisque la cible s'approche de lui.

Voir l'animation http://www.ostralo.net/3_animations/swf/doppler.swf et jouer sur le déplacement de l'émetteur avec le curseur Déplacement G—D.



1.3.1. (0,25) $f_D = \frac{2 \cdot f_0 \cdot v_r}{c}$ donc $v_r = \frac{f_D \cdot c}{2 \cdot f_0}$

(0,25) $v_r = \frac{7416 \times 3,00 \times 10^8}{2 \times 24,125 \times 10^9} = 46,1 \text{ m.s}^{-1}$

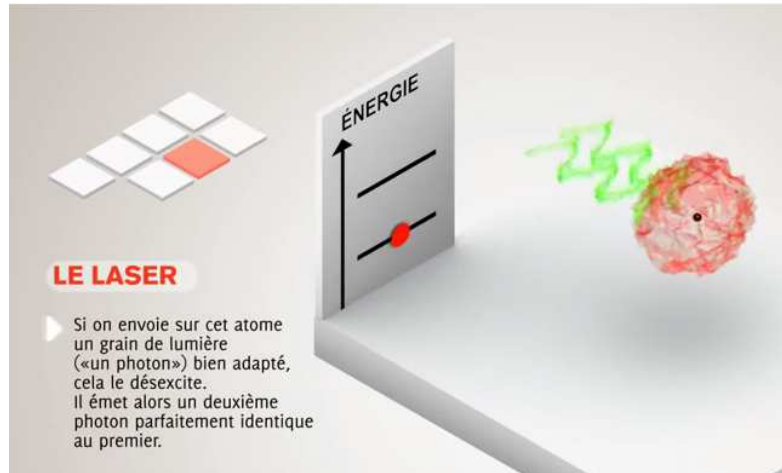
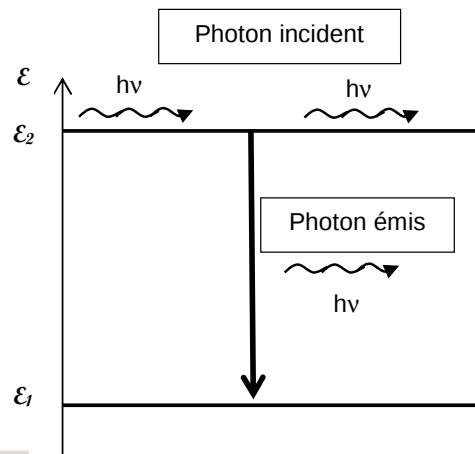
1.3.2. (0,25) On convertit en km/h en multipliant le résultat précédent par 3,6.

$v_R = 166 \text{ km.h}^{-1}$ valeur conforme à celle affichée par le cinémomètre photographié.

2. Cinémomètre laser

2.1. (0,5) Lors d'une émission stimulée, un photon incident interagit avec un atome dans un état excité. Le photon incident provoque l'émission d'un second photon par cet atome. L'énergie $\mathcal{E} = h \cdot \nu$ du photon incident doit être égale à la différence d'énergie $\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1$ entre deux niveaux d'énergie de cet atome. Le photon incident et le photon émis ont même fréquence, même direction et sens de propagation et sont en phase.

Consulter la vidéo réalisée par <http://toutestquantique.fr>



https://youtu.be/UDxdq_oggR8

La lumière émise par le laser est directive, cohérente, monochromatique et elle est concentrée sur une zone de l'espace relativement étroite.

2.2. (0,25) Le radar laser possède une longueur d'onde de $904 \text{ nm} > 800 \text{ nm}$, ce qui correspond au domaine de l'infrarouge.

2.3.1. (0,75) À l'aide de la calculatrice on calcule l'écart-type expérimental s_{n-1} et la moyenne $\bar{v}$. Voir le diaporama <http://fr.slideshare.net/Labolycee/ts-tpc2calculatricemoy-ecart>

$$s_{n-1} = 0,149 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\bar{v} = 3,67 \text{ m.s}^{-1}$$

On peut calculer l'incertitude $U(v) = 2 \cdot \frac{s_{n-1}}{\sqrt{N}}$

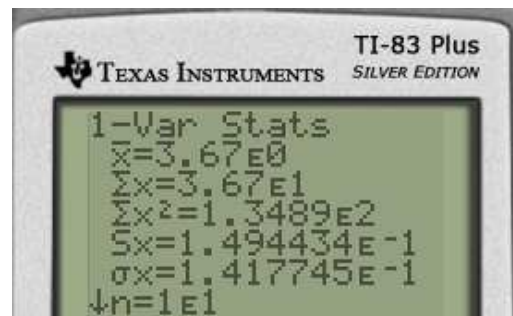
$$U(v) = 2 \times \frac{0,149}{\sqrt{10}} = 0,094 \text{ m.s}^{-1}$$

On arrondit par excès à un seul chiffre significatif.

$$U(v) = 0,1 \text{ m.s}^{-1}$$

L'incertitude porte sur les $1/10^e$, on arrondit donc la moyenne au $1/10^e$ le plus proche $\bar{v} = 3,7 \text{ m.s}^{-1}$.

On obtient l'intervalle de confiance avec un niveau de confiance de 95% : $v = 3,7 \pm 0,1 \text{ m.s}^{-1}$.



2.3.2. (0,25) L'incertitude relative vaut $\frac{U(v)}{v} = \frac{0,1}{3,7} = 0,027 = 2,7\%$.

(0,25) Elle est inférieure à 3% conformément au souhait indiqué.

2.4.1. (0,75)

À la date $t = 0$ s, la première impulsion est émise.

À la date $t = \tau$, la première impulsion a effectué un aller-retour.

On considère que la voiture est si lente par rapport à la lumière du laser qu'elle n'a pas bougé pendant cette durée τ .

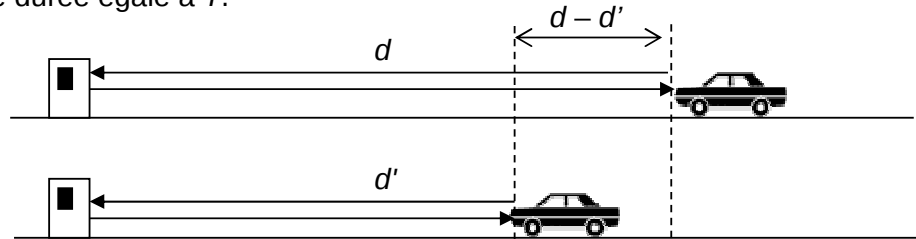
La lumière laser a parcouru la distance $2d$ à la célérité c . On a $c = \frac{2d}{\tau}$.

À la date $t = T$, la deuxième impulsion est émise.

À la date $t = T + \tau'$, elle a parcouru la distance $2d'$ à la célérité c ainsi $c = \frac{2d'}{\tau'}$.

La distance d' est plus petite que la distance d car la cible s'est rapprochée d'une distance égale à $d - d'$ à la vitesse v en une durée égale à T .

$$v = \frac{d - d'}{T}$$



L'expression de la vitesse de la cible proposée ne contient pas d et d' .

Exprimons ces distances en fonction de τ et τ' : $d = \frac{c \cdot \tau}{2}$ et $d' = \frac{c \cdot \tau'}{2}$.

$$v = \frac{\frac{c \cdot \tau}{2} - \frac{c \cdot \tau'}{2}}{T} = \frac{c}{2} \cdot \frac{(\tau - \tau')}{T}$$

On retrouve l'expression proposée : $v = c \cdot \frac{|\tau - \tau'|}{2T}$.

2.4.2. (0,5) D'après l'expression précédente, on obtient $|\tau - \tau'| = v \cdot \frac{2T}{c}$.

En 2.3. on a déterminé que la vitesse est d'environ 4 m.s^{-1} .

$$|\tau - \tau'| = 4 \times \frac{2 \times 100 \times 10^{-6}}{3,00 \times 10^8} = 3 \times 10^{-12} \text{ s}$$

Soit une durée de l'ordre de 10^{-12} s.

Cette durée $\tau - \tau'$ est très faible, techniquement elle est très difficile à mesurer.

Il faut disposer d'un chronomètre d'une précision extrême.

Problème C : Eau salée et eau douce (5 points)

A. L'eau salée de la mer Méditerranée

A.1. Citer la valeur de la concentration minimale en masse c_m en ion chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ à partir de laquelle on peut considérer que l'eau souterraine est contaminée par une intrusion d'eau de mer la rendant non potable.

Le tableau montre que lorsque la concentration en masse en ions chlorure est comprise entre 200 et 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, l'eau ne peut plus être utilisée pour la production d'eau potable.

La concentration en masse minimale en ion chlorure à partir de laquelle on peut considérer que l'eau souterraine est contaminée est donc $c_m = 200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

A.2.1. Sachant que la concentration en quantité de matière de chlorure de magnésium $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$ dans l'eau de mer vaut $c = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, déterminer la concentration en quantité de matière en ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ apportés par $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$, notée $[\text{Cl}^-_{(\text{aq})}]$.

L'équation $\text{MgCl}_{2(\text{s})} \rightarrow \text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ montre que 1 mole de MgCl_2 forme 2 moles d'ions Cl^- soit $\frac{n(\text{MgCl}_2)}{1} = \frac{n(\text{Cl}^-)}{2}$.

Donc $\frac{c \times V}{1} = \frac{[\text{Cl}^-] \times V}{2}$ en notant V le volume de l'échantillon d'eau de mer.

Par conséquent : $[\text{Cl}^-] = 2c$

soit $[\text{Cl}^-] = 2 \times 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 8,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

A.2.2. La concentration en masse en ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ apportés par le chlorure de sodium $\text{NaCl}_{(\text{s})}$ dans l'eau a pour valeur $c_m = 16,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Déterminer alors la concentration totale en masse en ions chlorure dans la mer Méditerranée.

La concentration en masse en ions chlorure apportée par $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$ est :

$$c_m(\text{MgCl}_2) = [\text{Cl}^-] \times M(\text{Cl}^-)$$

soit $c_m(\text{MgCl}_2) = 8,0 \times 10^{-2} \times 35,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} = 2,8 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

$8,0 \times 10^{-2} \times 35,5$	2.84
$16,5 + 2,8$	19.3

La concentration en masse totale en ions chlorure dans la mer Méditerranée est alors :

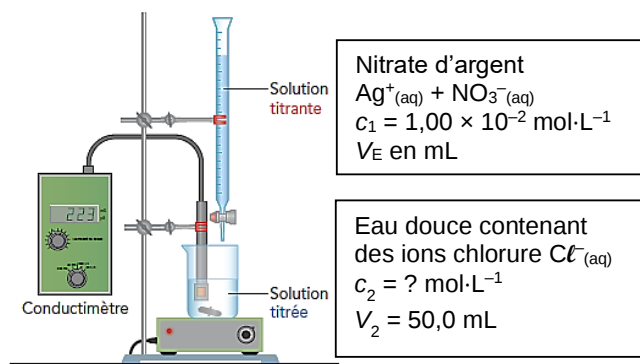
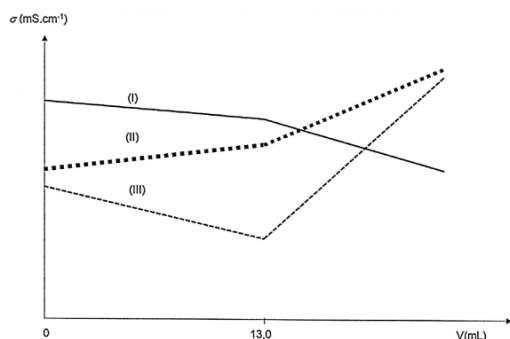
$$c_m(\text{MgCl}_2) + c_m(\text{NaCl}) = 2,8 + 16,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} = 19,3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}.$$

B. Titrage des ions chlorure de l'eau douce des eaux souterraines

B.1. Identifier, parmi les trois courbes I, II et III proposées sur le graphique de la figure 2 suivante, celle qui représente l'évolution simulée de la conductivité σ du mélange en fonction du volume V de solution de nitrate d'argent versé. Justifier votre réponse.

Le réactif titrant est l'ion $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$.

Le réactif titré est l'ion $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$.



Avant l'équivalence	Après l'équivalence
<u>Ions présents dans le bécher :</u> Ions chlorure Cl^- . Ions nitrate NO_3^- spectateurs. Autres ions dans l'eau douce. <u>Évolution des concentrations :</u> $[\text{Cl}^-]$ diminue car les ions chlorure sont consommés. $[\text{NO}_3^-]$ augmente car les ions nitrate sont apportés et spectateurs. [Autres ions] constante. <u>Conductivité :</u> $\sigma = \lambda_{\text{Cl}^-} \times [\text{Cl}^-] + \lambda_{\text{NO}_3^-} \times [\text{NO}_3^-] + \sigma_{\text{autres ions}}$ $\searrow \quad \searrow \quad \nearrow \quad =$ Or NO_3^- est moins conducteur que Cl^- car $\lambda_{\text{NO}_3^-} < \lambda_{\text{Cl}^-}$. La conductivité σ diminue avant l'équivalence.	<u>Ions présents dans le bécher :</u> Ions argent Ag^+ . Ions nitrate NO_3^- spectateurs. Autres ions dans l'eau douce. <u>Évolution des concentrations :</u> $[\text{Ag}^+]$ augmente car Ag^+ est en excès et n'est plus consommé. $[\text{NO}_3^-]$ augmente car les ions nitrate sont encore apportés et spectateurs. [Autres ions] constante. <u>Conductivité :</u> $\sigma = \lambda_{\text{Ag}^+} \times [\text{Ag}^+] + \lambda_{\text{NO}_3^-} \times [\text{NO}_3^-] + \sigma_{\text{autres ions}}$ $\nearrow \nearrow \quad \nearrow \quad \nearrow \quad =$ La conductivité σ augmente fortement après l'équivalence.

Seule la **courbe III (---)** correspond à l'évolution de la conductivité décrite dans le tableau.

B.2. Le volume versé à l'équivalence est $V_E = 13,0 \text{ mL}$. En déduire si l'eau du prélèvement peut être utilisée pour l'alimentation en eau potable.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

L'équation de la réaction support du titrage est : $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{AgCl}_{(\text{s})}$.

À l'équivalence du titrage, on réalise un mélange stœchiométrique des réactifs titrant et titré soit :

$$\frac{n_2(\text{Cl}^-)}{1} = \frac{n_E(\text{Ag}^+)}{1}$$

$$\frac{c_2 \times V_2}{1} = \frac{c_1 \times V_E}{1}$$

$$\text{donc } c_2 = \frac{c_1 \times V_E}{V_2}.$$

$$c_2 = \frac{1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 13,0 \text{ mL}}{50,0 \text{ mL}} = 2,6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Handwritten calculation on a green background:

$$1.0E-2 * 13.0 / 50.0$$

$$Ans * 35.5 \quad .0026$$

$$\quad .0923$$

Concentration en masse en ions chlorure : $c_m = c_2 \times M(\text{Cl}^-)$

Soit $c_m = 2,6 \times 10^{-2} \times 35,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 9,2 \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 92 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

$92 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} < 200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ donc l'eau du prélèvement peut être utilisée pour l'alimentation en eau potable.

C. Modélisation d'un titrage

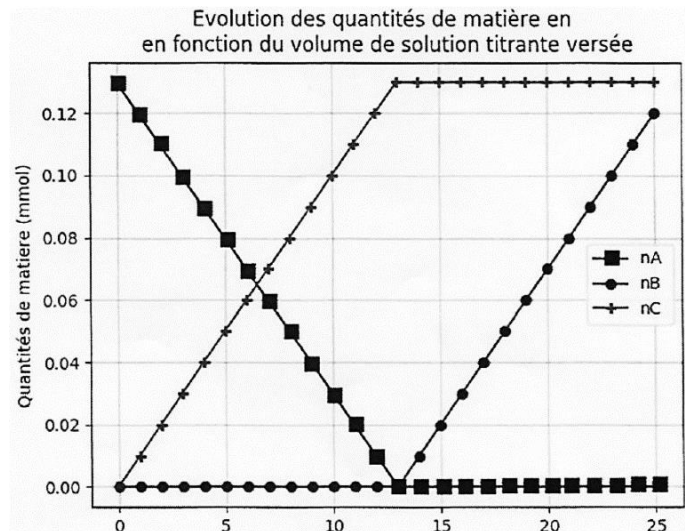
C.1. Les quantités de matière n_A , n_B et n_C , mentionnées et calculées aux lignes 21, 22, 23, 28, 29 et 30 du programme Python (figure 3) sont représentées sur la figure 4.

Grâce à cette dernière et avec justification, identifier les espèces chimiques A, B et C.

La quantité de matière n_A diminue avant l'équivalence et reste nulle après l'équivalence : n_A est donc la quantité d'ions chlorure Cl^- titrée.

La quantité de matière n_B est nulle avant l'équivalence et augmente après l'équivalence : n_B est donc la quantité d'ions argent Ag^+ .

La quantité de matière n_C augmente avant l'équivalence et reste constante après l'équivalence : n_C est donc la quantité de chlorure d'argent formé $AgCl$.



C.2. Compléter la ligne 15 du programme Python de la figure 3 afin qu'il calcule la concentration en quantité de matière en ions chlorure.

La réponse à la question B.2. a montré que $c_2 = \frac{c_1 \times V_E}{V_2}$

soit en adaptant les notations : $C_A = \frac{C_B \times V_E}{V_A}$

Et avec les notations du programme $cA = (cB * VE) / vA$