

Lycée général La Salle – Avignon

Sujet

SPECIALITE PHYSIQUE-CHIMIE

Terminale Générale

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30

L'usage d'une calculatrice en mode examen EST autorisé

Exercice I – Caractéristiques d'une lunette astronomique (9 points).

Exercice II – Une histoire de vin (6 points).

Exercice III – Quelle taille pour les mailles d'un tamis ? (4 points).

Exercice I – Caractéristiques d’une lunette astronomique (9 points).

Martin est passionné par l’observation du ciel. Il demande à son professeur de Sciences Physiques de lui donner quelques explications à propos des lunettes astronomiques.

Celui-ci propose de modéliser une lunette en utilisant deux lentilles convergentes. Il lui rappelle également que toute lentille possède un centre optique O, un foyer image F' , un foyer objet F.

1. Étude d’une lentille convergente.

Soit la lentille L, de distance focale $f' = 2,0$ cm.

- 1.1.** Par quelle relation définit-on la distance focale d’une lentille ?
- 1.2.** Calculer la vergence C de cette lentille.
- 1.3.** Placer, **sur l’annexe 1 à rendre avec la copie**, le centre optique O, le foyer image F' , le foyer objet F.
- 1.4.** Construire, **sur l’annexe 1 à rendre avec la copie**, l’image $A'B'$ par la lentille L de l’objet AB.
- 1.5.** Vérification de la position et de la taille de l’image $A'B'$ par le calcul.

Données : $OA = 4,0$ cm ; $AB = 1,5$ cm

- 1.5.1.** Utiliser la formule de conjugaison pour déterminer la position de l’image $A'B'$.
- 1.5.2.** Utiliser la formule du grandissement pour déterminer la taille de l’image $A'B'$.

2. Modélisation de la lunette.

On appelle objectif la lentille située du côté de l’objet à observer, et oculaire celle située du côté de l’œil de l’observateur.

Données :

Objectif : lentille L_1 de distance focale $f'_1 = 1,00$ m et de diamètre 6 cm.

Oculaire : lentille L_2 de distance focale $f'_2 = 20,0$ cm et de diamètre 6 cm.

- 2.1.** Où se situe l’image par l’objectif d’un objet à l’infini ? Cette image est appelée image intermédiaire.
- 2.2.** Où doit se situer l’image intermédiaire pour être vue à travers l’oculaire sans accommoder ?
- 2.3.** Préciser la position du foyer objet F_2 de l’oculaire par rapport au foyer image F'_1 de l’objectif. Justifier votre réponse. *On dit qu’une telle lunette est afocale.*

2.4. Placer la lentille L_2 **sur l'annexe 2 à rendre avec la copie** (échelle 1/10^{ème}).

2.5. Construire, **sur l'annexe 2 à rendre avec la copie**, l'image A_1B_1 , dite image intermédiaire, de AB par L_1 , puis l'image A_2B_2 de A_1B_1 par L_2 .

2.6. Le diamètre apparent de l'objet AB situé à l'infini est noté θ et celui de l'image définitive A_2B_2 est noté θ' .

2.6.1. Définir le diamètre apparent d'un objet.

2.6.2. Représenter θ et θ' sur l'annexe 2 à rendre avec la copie.

2.6.3. Le grossissement G de la lunette est défini par le rapport $\frac{\theta'}{\theta}$. Établir la relation donnant G en fonction de f'_1 et f'_2 , puis calculer sa valeur ; on rappelle que pour les petits angles $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$.

2.7. Définir le cercle oculaire et le construire sur **l'annexe 2 à rendre avec la copie**.

Exercice II – Une histoire de vin (6 points).

Un vin est une solution aqueuse qui contient en proportions diverses : des alcools (éthanol, glycérol...), des acides carboxyliques (acide citrique, acide tartrique, acide malique...), des esters (dont l'éthanoate d'éthyle), du dioxyde de soufre, des tanins, des sucres, des ions Fer (II) Fe^{2+} et fer (III) Fe^{3+} , etc. ce différents composants contribuent à la saveur du vin.

On s'intéresse dans un premier temps à un de ces composants : le fer, susceptible de causer la « casse » d'un vin blanc.

Partie A : Dosage spectrophotométrique des ions fer dans un vin.

Un vin blanc contient du fer sous la forme d'ions fer (II), $Fe^{2+}_{(aq)}$, et fer (III), $Fe^{3+}_{(aq)}$. Ce fer provient en faibles proportions du raisin. Pour la majeure partie, il provient du matériel utilisé lors de la vinification.

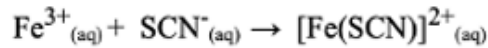
Si la teneur en fer dépasse 10 mg.L^{-1} , on peut craindre la formation d'un précipité blanc dans le vin à l'origine d'un trouble appelé casse blanche pour le vin blanc.

L'objectif de cette partie A est de déterminer le risque de casse blanche pour le vin blanc.

Pour cela, on procède à un titrage spectrophotométrique des ions fer après les avoir fait réagir avec des ions thiocyanate pour former une espèce colorée en solution. En pratique, on procède ainsi :

- On oxyde la totalité des ions fer (II) en ions fer (III) par ajout d'eau oxygénée en milieu acide.

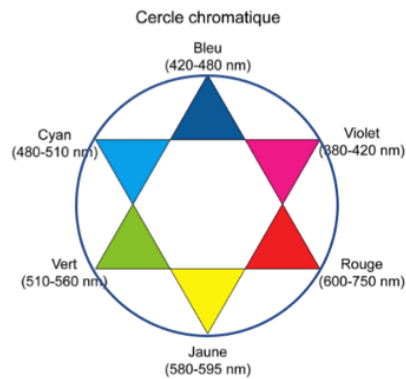
- On ajoute une solution de thiocyanate de potassium pour faire réagir les ions fer (III) avec les ions thiocyanate et former des ions thiocyanate de fer (III), selon l'équation de réaction :



- On obtient une solution aqueuse dont la couleur rouge est due aux ions $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}_{(\text{aq})}$.
- On procède à un titrage par spectrophotométrie après avoir réalisé un étalonnage. On détermine ainsi la concentration en masse en ion fer (III) correspondant à la concentration totale en masse des ions fer (II) et (III).

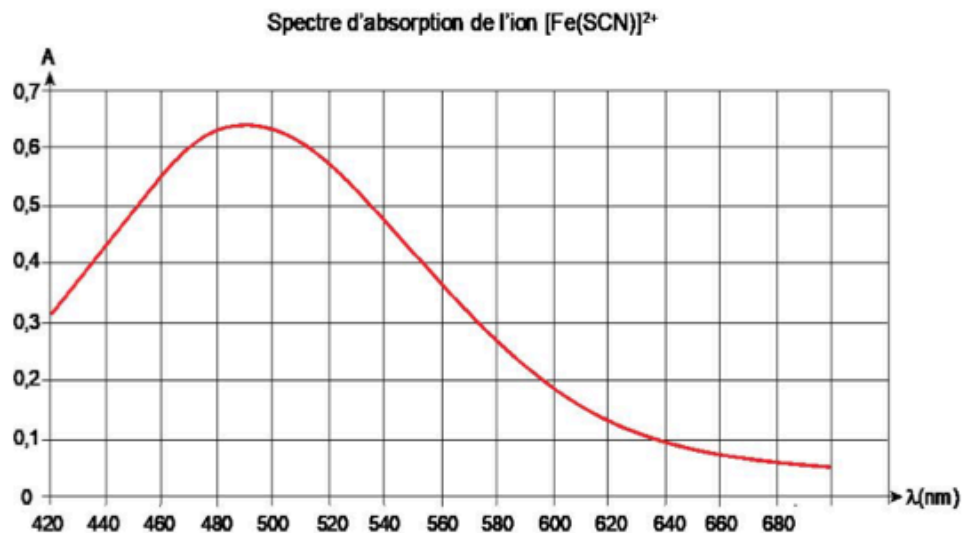
Données :

Cercle chromatique: Dans cette présentation, les couleurs complémentaires sont placées en vis-à-vis sur un même diamètre.



Réglage du spectrophotomètre

On donne ci-dessous le spectre d'absorption de l'ion $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ en phase aqueuse.



- Indiquer la couleur correspondant aux radiations les plus absorbées par l'ion $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}_{(\text{aq})}$ et justifier ainsi la couleur de la solution.
- Proposer une longueur d'onde à utiliser pour réaliser le titrage.

Préparation des solutions étalons.

- Pour préparer les solutions étalons, on met en œuvre le protocole suivant : Préparer 5 solutions étalons d'ions fer (III) numérotées de 1 à 5 par dilution d'une solution mère S_0 d'ions fer (III) de concentration en masse en ions fer (III) égale à $C_{m_0} = 100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

| Numéro de solution étalon | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| $C_m(\text{Fe}^{3+})$ en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |

- Verser 10,0 mL de chaque solution dans un bécher.
- Ajouter 1,0 mL d'acide chlorhydrique concentré et 1,0 mL de solution de thiocyanate de potassium de concentration molaire égale à $1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
- Les ions thiocyanate sont alors en excès dans chacune des solutions.

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

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

Mesures et analyse.

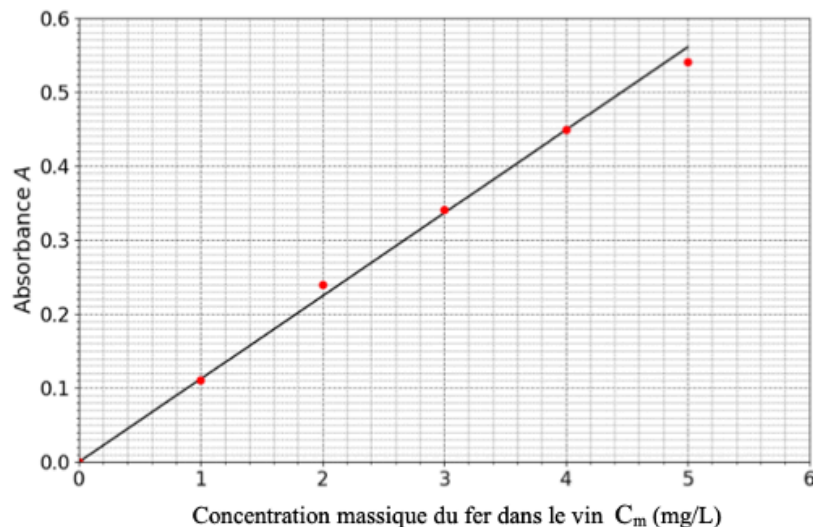
Pour déterminer la teneur en fer du vin blanc étudié, on prépare une solution de vin, notée S_V , en mélangeant:

- 10,0 mL de vin blanc,
- 1,0 mL d'acide chlorhydrique concentré et 1,0 mL de solution de thiocyanate de potassium de concentration molaire égale à $1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,
- 4 gouttes d'eau oxygénée à 20 volumes (sans incidence sur le volume).

Par la suite :

- On mesure l'absorbance des 5 solutions étalons.
- On trace une courbe d'étalonnage.
- On mesure l'absorbance A_V de la solution de vin S_V .

On a placé les points des mesures dans un graphique donnant l'absorbance en fonction de la concentration. La droite a été ajoutée pour mettre en évidence une tendance dans la répartition des points de mesure.



5. Préciser la forme de la relation entre l'absorbance A et la concentration massique C_m ainsi mise en évidence. Donner le nom de la loi correspondante.

Pour la solution de vin, on trouve : $A_v = 0,16$

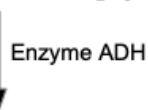
6. Déterminer si le vin étudié présente un risque de casse blanche. Justifier.

Partie B : Spectroscopie Infrarouge.

On trouve dans un document publié par l'Institut suisse de prévention de l'alcoolisme (ISPA) les informations suivantes :

Quand une personne consomme de l'alcool, celui-ci commence immédiatement à passer dans le sang. Plus le passage de l'alcool dans le sang est rapide, plus le taux d'alcool dans le sang augmentera rapidement, et plus vite on sera ivre. L'alcool est éliminé en majeure partie par le foie. Dans le foie, l'alcool est éliminé en deux étapes grâce à des enzymes. Dans un premier temps, l'alcool est transformé en éthanal par l'enzyme alcool déshydrogénase (ADH). L'éthanal est une substance très toxique, qui provoque des dégâts dans l'ensemble de l'organisme. Il attaque les membranes cellulaires et cause des dommages indirects en inhibant le système des enzymes. Dans un deuxième temps, l'éthanal est métabolisé par l'enzyme acétaldéhyde déshydrogénase (ALDH).

Alcool pur : Ethanol : C_2H_6O



Ethanal C_2H_4O

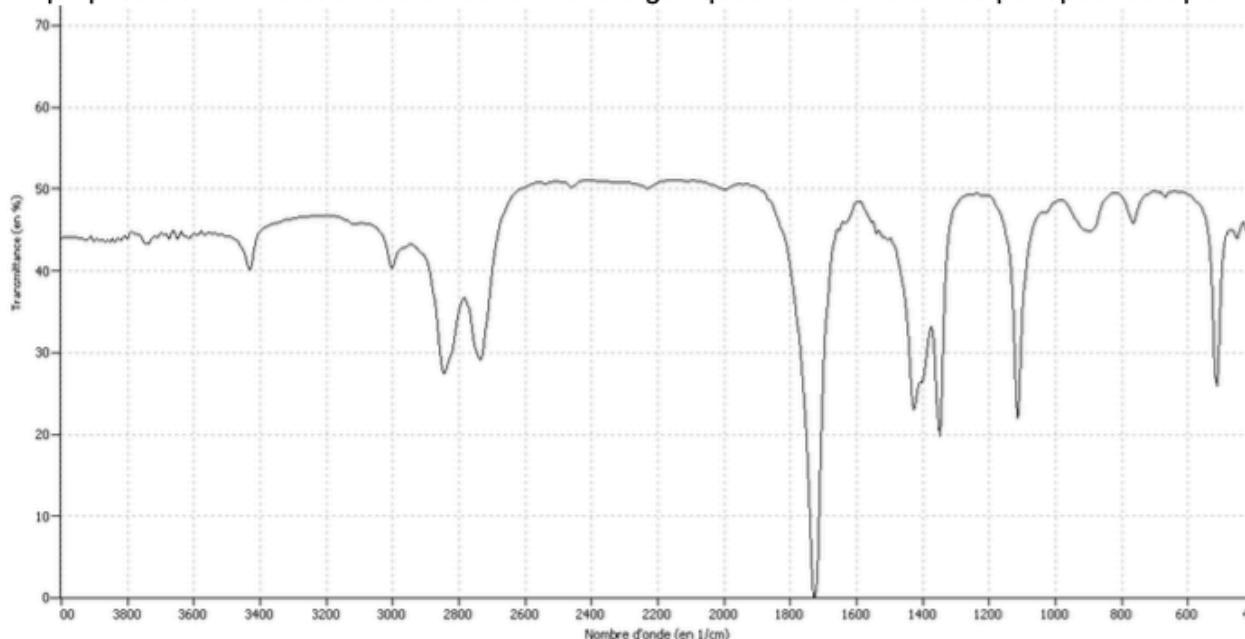
Dégradation ↓ ultérieure...

Synthèse du cholestérol

www.sfa-ispa.ch

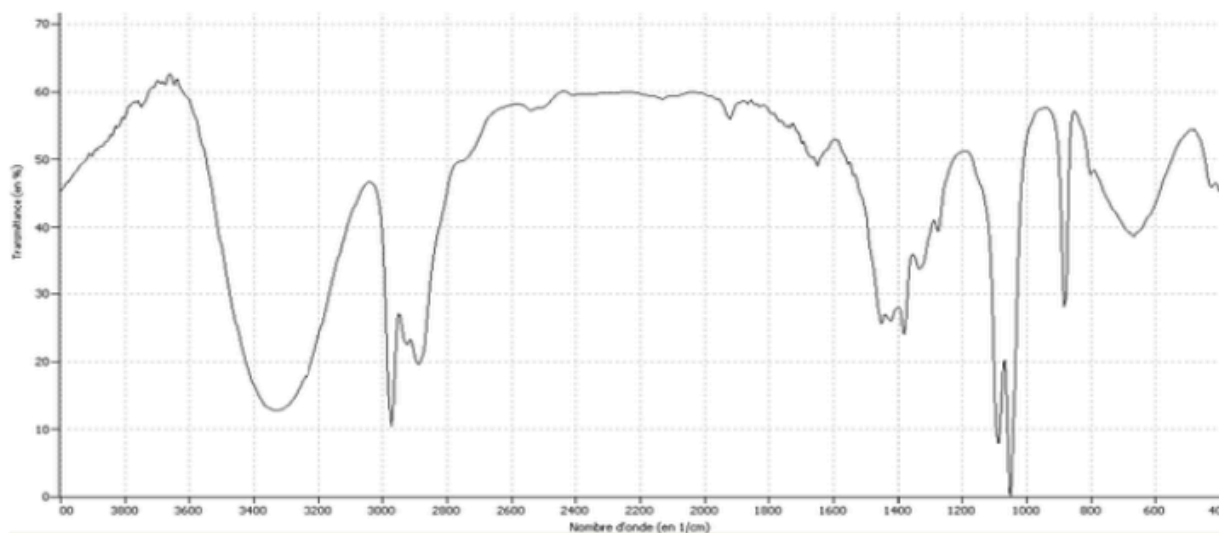
Spectroscopie

On se propose d'étudier la structure et les fonctions organiques de ces molécules par spectroscopie.



<http://www.sciences-edu.net>

Document 2a : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR1



<http://www.sciences-edu.net>

Document 2b : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR2

| Liaison | C - C | C - O | C = O (carbonyle) | C - H | O - H |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|
| Nombre d'onde (cm ⁻¹) | 1000-1250 | 1050-1450 | 1650-1740 | 2800-3000 | 3200-3700 |

- Représenter en formule semi-développée les molécules d'éthanol et d'éthanal, et encadrer leurs fonctions caractéristiques.
- Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanol ? A quelle famille appartient cette molécule ?
- Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanal ? A quelle famille appartient cette molécule ?
- En utilisant les données spectroscopiques associer chaque spectre infrarouge (IR) à la molécule correspondante en justifiant.

Partie C : Acidité du vin.

L'acidité d'un vin peut être exprimée de deux façons, à partir de son acidité totale ou de son pH [...]. L'acidité totale est surtout un indicateur des caractéristiques gustatives, alors que le pH intervient dans la stabilité du vin. L'acidité du vin (pH compris entre 2,7 et 3,7) est principalement due à la présence d'acides organiques en partie à l'état libre; l'acidité totale d'un vin est constituée par les acides représentant l'acidité fixe (acides tartrique, malique, lactique, citrique, etc) et par des molécules représentant l'acidité volatile (essentiellement l'acide éthanoïque, et l'éthanoate d'éthyle susceptible de libérer l'acide éthanoïque par saponification) [...].

Le goût aigre de l'acide éthanoïque est perçu lorsque sa concentration est supérieure à 0,60 g.L⁻¹.

D'après « Chimie dans la maison » - Cultures et Techniques.

Données.

Masse molaire de l'acide éthanoïque (CH₃COOH) : M = 60,0 g.mol⁻¹

À propos du texte.

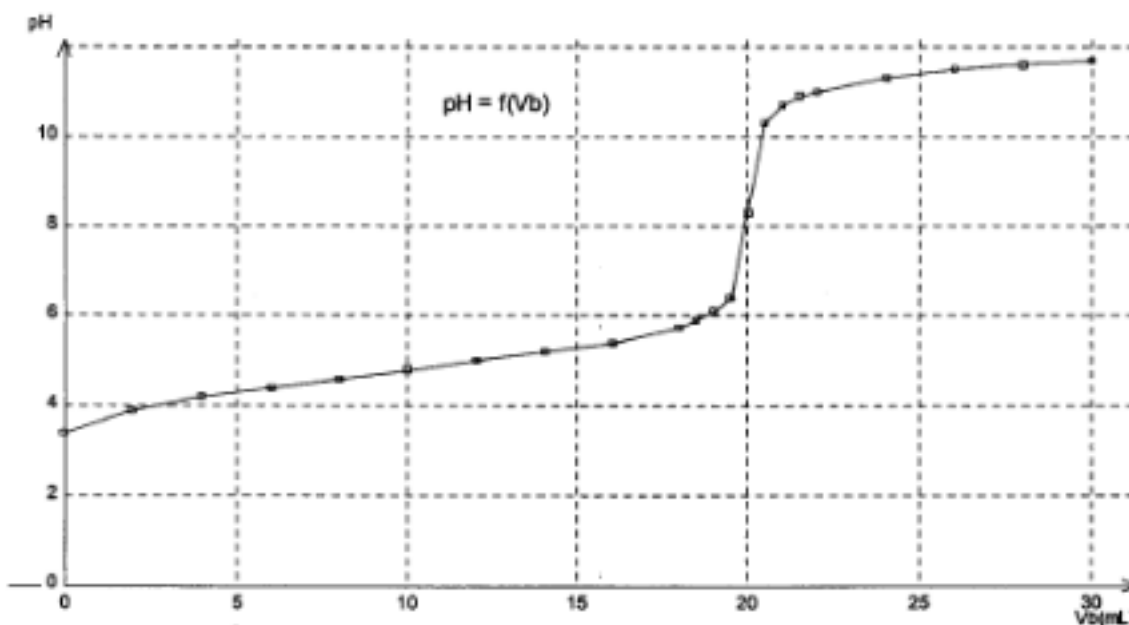
11. Définir un acide et une base selon Brönsted.
12. Écrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau. Détailler votre démarche.
13. Déterminer la valeur de la concentration molaire en ions oxonium H_3O^+ d'un vin dont le pH est égal à 3,0.
14. Calculer la concentration molaire de l'acide éthanoïque pour que le goût aigre soit perçu. Conclure.

Titration de l'acide éthanoïque par une solution d'hydroxyde de sodium.

On décide d'effectuer un titrage afin de déterminer la concentration molaire en acide éthanoïque d'une solution de volume $V_A = 20,0 \text{ mL}$.

Pour cela, on dispose d'une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire égale à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

15. Écrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque et la solution d'hydroxyde de sodium. Détailler votre démarche.
16. Déterminer, graphiquement, sur la courbe ci-dessous, les coordonnées du point d'équivalence, en indiquant la méthode utilisée. Faire apparaître les traits de construction.



17. En déduire la concentration molaire C_A d'acide éthanoïque étudiée.

Exercice III – Quelle taille pour les mailles d'un tamis ? (4 points).

Mots-clés : diffraction et interférences d'ondes lumineuses

Les artémies (voir photo ci-contre) sont des crustacés élevés pour nourrir les poissons des aquariums. Leur taille doit être adaptée à l'espèce de poisson à nourrir. On utilise des tamis calibrés pour les sélectionner.

On se propose dans cet exercice de déterminer la taille des mailles d'un tamis en utilisant une diode laser de longueur d'onde $\lambda = (650 \pm 10)$ nm.



Source : <https://fr.m.wikipedia.org>

1. Vérification de la valeur de la longueur d'onde de la diode laser utilisée

Pour vérifier la valeur de la longueur d'onde de la diode laser annoncée par le constructeur, on réalise une expérience dont le schéma est donné ci-dessous (figure 1).

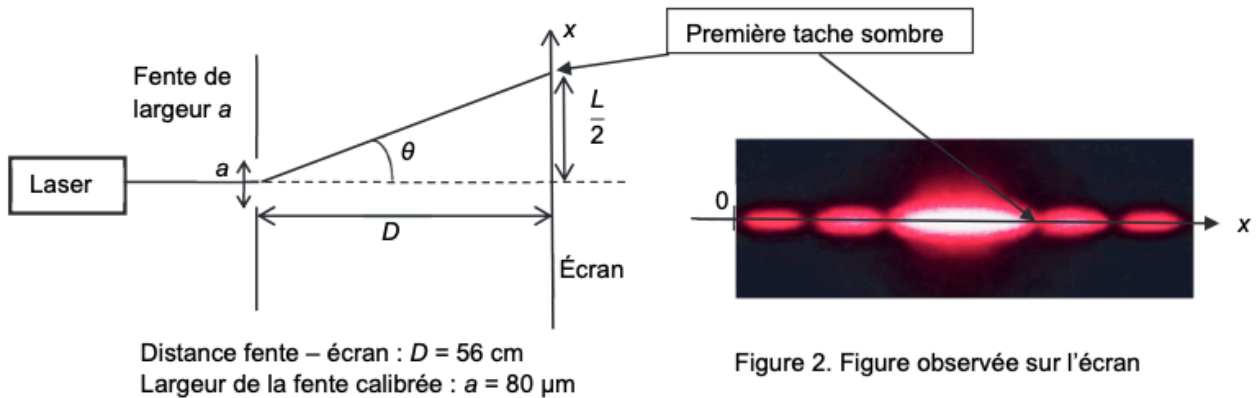


Figure 1. Schéma de l'expérience (échelle non respectée)

1.1. Nommer le phénomène physique responsable des taches lumineuses observées sur l'écran. Discuter qualitativement de l'influence de la largeur de la fente et de la longueur d'onde de l'onde incidente sur le phénomène observé.

1.2. On rappelle que l'angle θ est donné par la relation $\theta = \frac{\lambda}{a}$ et on considère que $\tan \theta \approx \theta$ pour les petits angles ($\theta \ll 1$ rad). Déterminer l'expression de l'angle θ en fonction de la largeur L de la tache centrale et de D . En déduire l'expression de la longueur d'onde λ en fonction de L , a et D .

Pour faire une mesure précise, on remplace l'écran par une caméra qui permet d'obtenir l'intensité lumineuse relative* en fonction de la position x , repérée selon l'axe indiqué sur la photo de la figure 2. L'origine $x = 0$ m est prise sur le bord du capteur de la caméra. On obtient alors la figure 3.

* L'intensité lumineuse relative est le rapport de l'intensité lumineuse reçue par le capteur sur l'intensité maximale reçue.

1.3. Déterminer la valeur de la longueur d'onde de la diode laser utilisée en exploitant la courbe obtenue sur la figure 3. La comparer à la valeur indiquée par le constructeur.

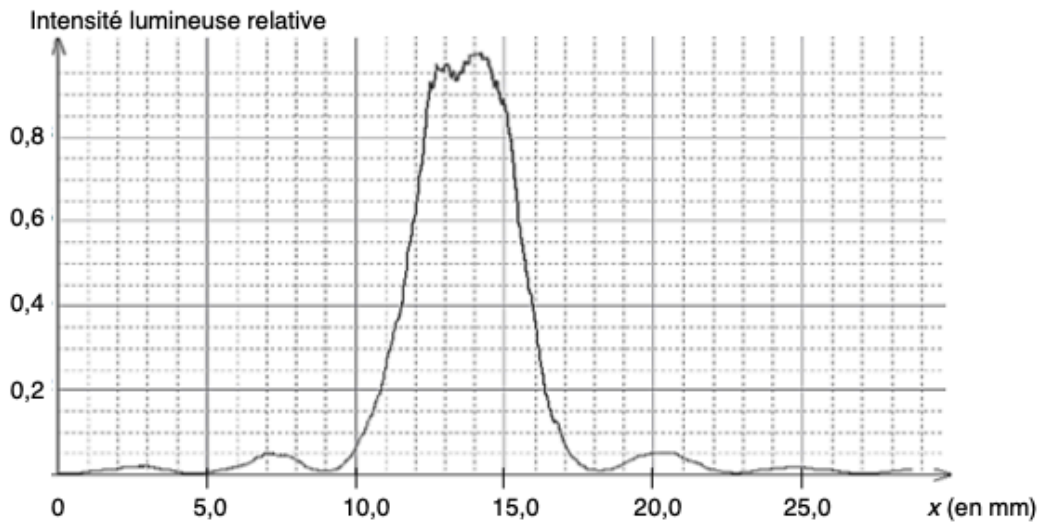


Figure 3. Intensité lumineuse relative en fonction de la position sur l'écran

2. Calibrage du tamis de récupération

Le but de cette partie est de vérifier que le tamis disponible, dont le maillage est représenté sur la figure 5, permet de récupérer toutes les artémies d'une taille supérieure à $150 \mu\text{m}$. On réalise une expérience d'interférences pour évaluer les dimensions du tamis en utilisant la diode laser précédente. La largeur du fil plastique constituant le tamis est égale à $230 \mu\text{m}$.

L'expérience d'interférences est décrite ci-dessous :

- le montage utilisé est donné sur la figure 4 ;
- on utilise la diode laser de longueur d'onde $\lambda = (650 \pm 10) \text{ nm}$. La distance entre le tamis et l'écran vaut $D = (7,75 \pm 0,03) \text{ m}$;
- on note b la distance entre les centres de deux trous consécutifs du maillage du tamis ;
- la figure d'interférences obtenue est donnée sur les figures 6 et 7.

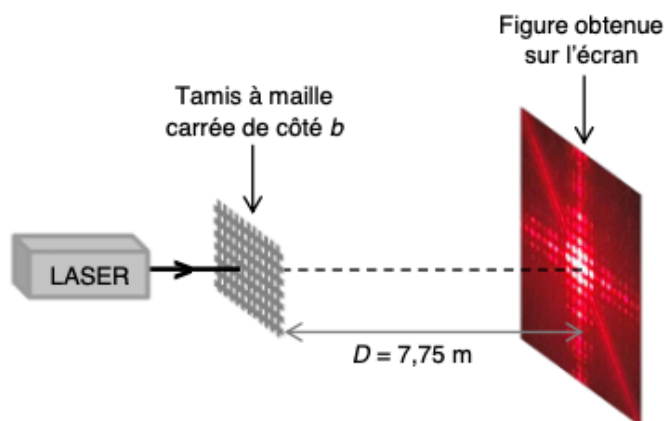


Figure 4. Montage utilisé (échelle non respectée)

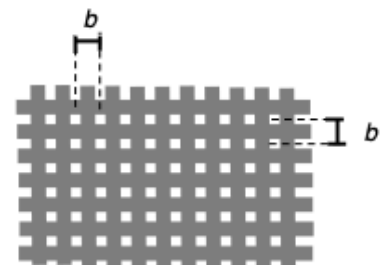


Figure 5. Schéma du maillage du tamis

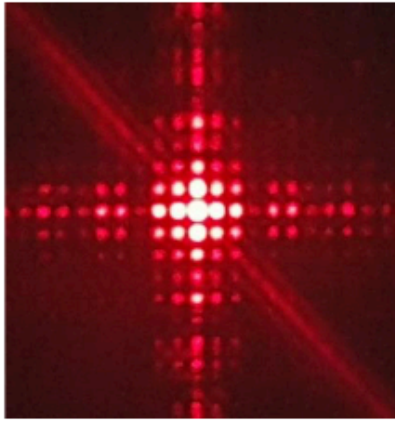


Figure 6. Figure d'interférences obtenue

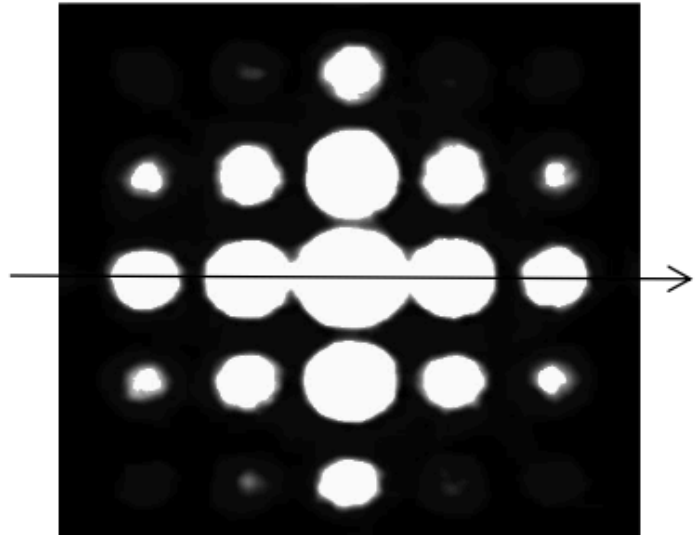


Figure 7. Tache centrale de la figure d'interférences à l'échelle 1/1

2.1. Expliquer brièvement, sans calcul, l'origine de la présence de zones sombres et de zones brillantes dans une figure d'interférences lumineuses.

Le centre de la figure d'interférences de la figure 6 est représenté sur la figure 7 ci-dessus à l'échelle 1/1. L'interfrange, noté i , est défini comme la distance entre les centres de deux taches lumineuses successives selon l'axe identifié sur la figure 7.

L'expression de l'interfrange est donnée par la relation : $i = \frac{\lambda \times D}{b}$.

L'incertitude-type $u(b)$ sur la grandeur b peut se calculer à partir de la relation :

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

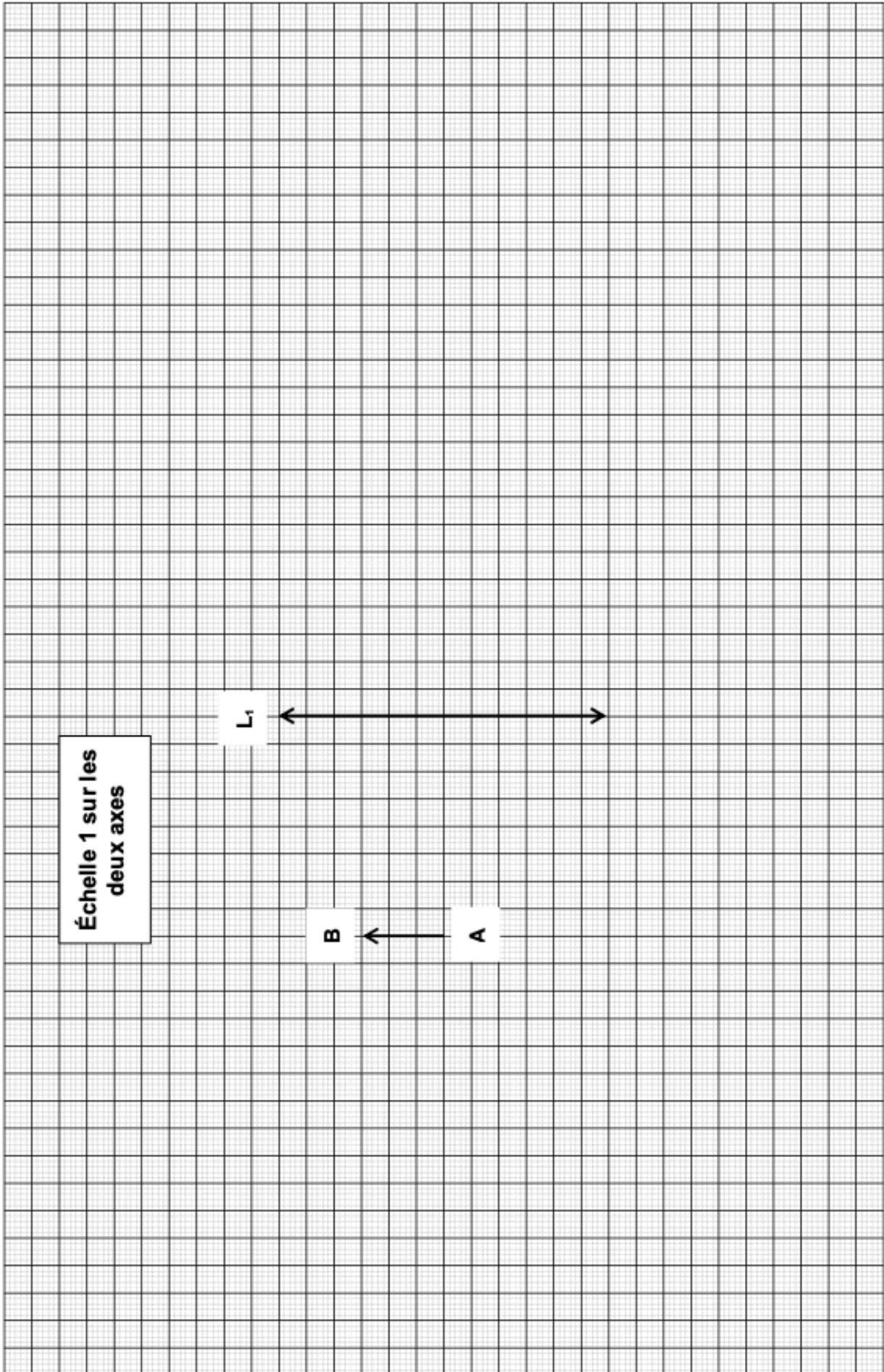
où $u(x)$ désigne l'incertitude-type associée à la grandeur x

2.2. Évaluer la valeur de l'interfrange i en explicitant la méthode suivie pour obtenir la meilleure précision. Évaluer l'incertitude-type $u(i)$ sur la mesure de l'interfrange i .

2.3. Calculer b puis évaluer $u(b)$.

2.4. Indiquer si le tamis étudié permet de récupérer les artémies voulues. Justifier.

Annexe 1



Annexe 2

