

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Entraînement à l'écrit
Lycée Stéphane Hessel – Épernay – mars 2025

—

Spécialité PHYSIQUE – CHIMIE

—

Durée de l'épreuve : 3h30

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

—

Ce sujet comporte trois (3) exercices présentés sur 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10

Exercice 1 : Solution désinfectante (10 pts)

Exercice 2 : Le « Tweener-lob » ou le coup entre les jambes (5 points)

Exercice 3 : Utilisation d'un laser comme instrument de mesure (5 points)

Le candidat doit traiter les trois exercices.

Ces trois exercices sont indépendants les uns des autres et peuvent être traités dans un ordre quelconque.

Seule la feuille annexe (page 10) devra être rendue. Ne pas rendre le sujet.

EXERCICE 1 : SOLUTION DESINFECTANTE (10 points)

Les autorités de santé rappellent qu'il est primordial de se laver régulièrement les mains avec de l'eau et du savon.

Toutefois, en l'absence de point d'eau, il est possible d'opter pour des gels ou solutions désinfectantes à la norme NF EN 14476.

On s'intéresse dans ce sujet à un désinfectant pour les mains ayant pour principe actif l'acide lactique en solution aqueuse.



Données :

- 100 g de solution désinfectante contient 1,75 g d'acide lactique ;
- molaire de l'acide lactique : $M = 90,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- masse volumique de la solution désinfectante : $\rho = 1,00 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$;
- pH de la solution désinfectante : $\text{pH} = 2,3$.
- On considère que l'acide lactique est la seule espèce acide présente dans la solution désinfectante.
- conductivité ionique molaire à 25°C :
 - $\lambda(\text{HO}^-) = 19,8 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$;
 - $\lambda(\text{Na}^+) = 5,01 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$;
 - $\lambda(\text{ion lactate}) = 3,88 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$;
- incertitude-type sur la mesure d'une concentration C_A donnée par la relation : $C_A = \frac{C_B V_E}{V_A}$;

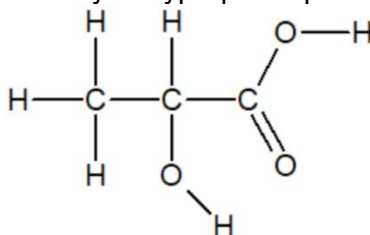
$$\frac{u(C_A)}{C_A} = \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(C_B)}{C_B}\right)^2}$$

Extrait d'une table de spectroscopie IR :

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité
O–H alcool lié	3200 – 3400	forte, large
O–H acide carboxylique	2500 – 3200	forte à moyenne, large
N-H amine	3100 – 3500	moyenne
N-H amide	3100 – 3500	forte
N-H amine ou amide	1560 – 1640	forte ou moyenne
$\text{C}_{\text{tri}} - \text{H}$	3000 – 3100	moyenne
$\text{C}_{\text{tét}} - \text{H}$	2800 – 3000	forte
C=O ester	1700 – 1740	forte
C=O amide	1650 – 1740	forte
C=O aldéhyde et cétone	1650 – 1730	forte
C=O acide	1680 – 1740	forte

Partie A. Étude de l'acide lactique

L'autre nom de l'acide lactique est l'acide 2-hydroxypropanoïque. Sa formule développée est la suivante :



1. Établir le schéma de Lewis de la molécule d'acide lactique. Entourer et nommer ses groupes caractéristiques.
2. Le spectre IR de l'acide lactique est reproduit ci-dessous. Identifier deux bandes d'absorptions caractéristiques et repérer les liaisons correspondantes sur le schéma de Lewis de la molécule d'acide lactique.

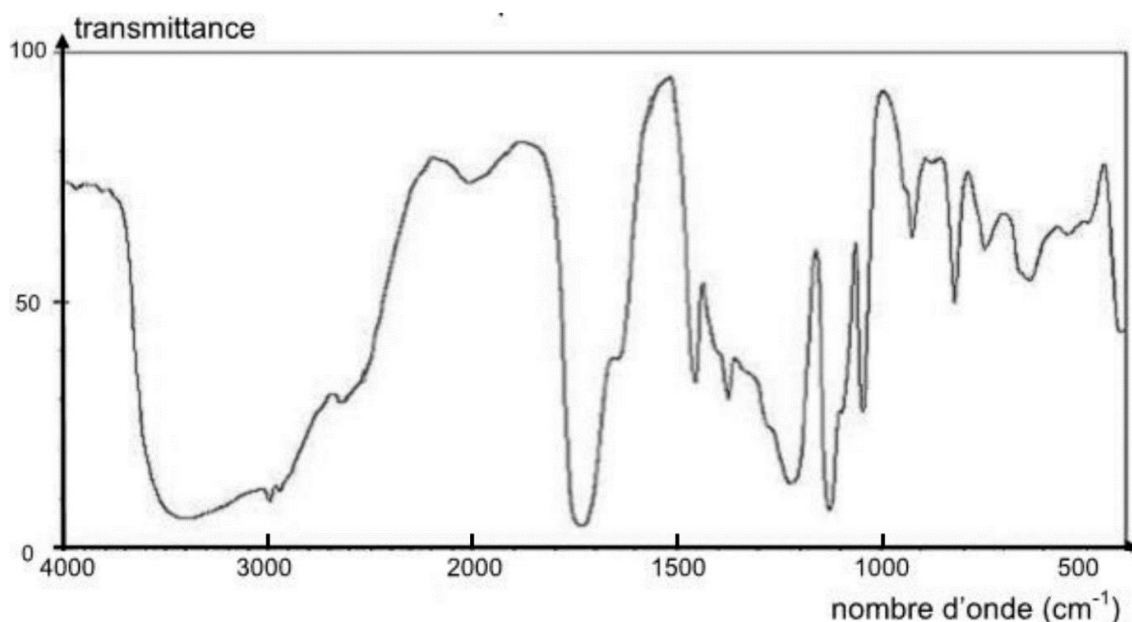


Figure 1. Spectre d'absorption IR de l'acide lactique

3. Vérifier que la valeur de la concentration en acide lactique apporté dans la solution désinfectante est voisine de $C = 0,20 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
4. Rappeler la définition d'un acide de Brönsted.
5. Expliquer pourquoi, dans ces conditions, l'acide lactique est un acide faible. Un argument quantitatif est attendu.

On note AH la molécule d'acide lactique pour la suite de l'exercice.

6. Écrire l'équation de la réaction modélisant la mise en solution aqueuse de cet acide.
7. Compléter, **sur l'annexe 1 à rendre avec la copie (page 10)**, le tableau d'avancement associé à cette transformation chimique à l'aide des notations de l'énoncé : C , pH , V et c° , avec $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, concentration standard.
8. En utilisant la question précédente, exprimer la constante d'acidité K_A du couple AH/A^- en fonction des différentes concentrations à l'équilibre. En déduire la valeur de cette constante d'acidité. Commenter, sachant que la valeur de référence du pK_A du couple acide lactique/ion lactate vaut 3,9.

9. Un programme Python permet de tracer le diagramme de distribution du couple acide lactique/ion lactate noté AH/A⁻.

9.1. Établir, d'une part, la relation entre la concentration C en acide lactique apporté, $[AH]_{\text{éq}}$ et $[A^-]_{\text{éq}}$, et d'autre part la relation $pH = pK_A + \log \frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[AH]_{\text{éq}}}$

9.2. À partir de ces deux relations, montrer que le pourcentage en acide AH, défini par $100 \times \frac{[AH]_{\text{éq}}}{C}$, peut s'écrire $\frac{100}{1+10^{(pH-pK_A)}}$

9.3. Un programme Python permet de tracer sur la figure 2 le diagramme de distribution du couple acide lactique/ion lactate noté AH/A⁻.

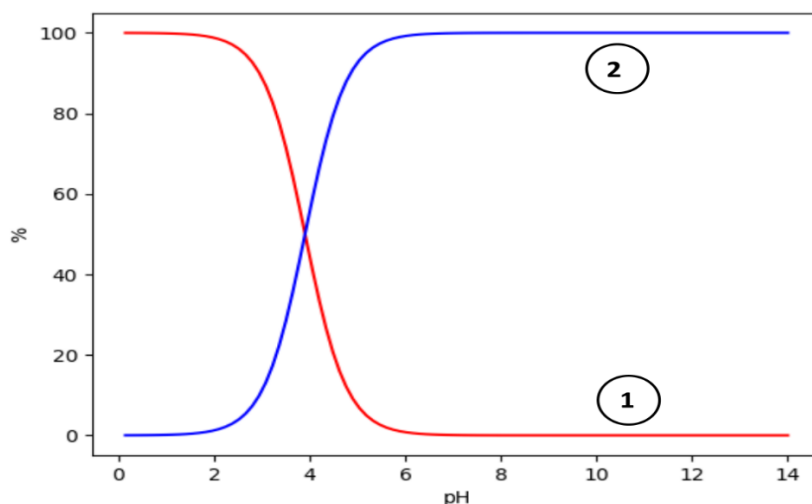


Figure 2. Diagramme de distribution du couple AH/A⁻

Indiquer à quelle espèce chimique correspond la courbe 1. Justifier. Expliquer comment il est possible de retrouver la valeur du pK_A à partir d'une lecture graphique.

Partie B. Titrage de l'acide lactique dans la solution désinfectante

Avant la commercialisation du produit, un laboratoire réalise un test de qualité sur sa solution désinfectante. Pour cela, un titrage acido-basique suivi par conductimétrie est réalisé après avoir dilué la solution désinfectante.

10. Proposer un protocole expérimental pour préparer 100,0 mL de solution désinfectante diluée 5 fois.

Dans un bécher de 250 mL, on introduit un volume $V_A = 20,0 \pm 0,05$ mL de la solution désinfectant diluée. On ajoute 150 mL d'eau distillée. Le titrage est réalisé par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration en soluté apporté $C_B = (1,0 \pm 0,1) \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. La courbe obtenue est donnée sur l'**annexe 1 à rendre avec la copie**.

11. Schématiser et légender le dispositif de titrage sur la copie.

12. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

13. Interpréter qualitativement le changement de pente au voisinage de l'équivalence observé sur la courbe de titrage.

14. Déterminer graphiquement la valeur du volume à l'équivalence V_E sur l'**annexe 1 à rendre avec la copie (page 10)**.

On considère par la suite que l'incertitude-type sur V_E est $u(V_E) = 0,1 \text{ mL}$.

15. Évaluer la concentration C de la solution en acide lactique avant dilution. Évaluer l'incertitude-type sur la mesure sans prendre en compte la contribution liée à la dilution. Commenter.

EXERCICE II : LE « TWEENER-LOB » OU LE COUP ENTRE LES JAMBES (5 POINTS)

Lors des huitièmes de finale de Roland Garros en 2022, Carlos Alcaraz a réalisé un « tweener-lob » contre Karen Khachanov. Pour que le « tweener-lob » soit réussi, la balle doit passer au-dessus de l'adversaire et retomber avant la ligne de fond de court.

On s'intéresse dans cet exercice à ce geste tennistique. L'étude sera menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen et le système {balle} sera considéré comme un point matériel noté H. On négligera tout type de frottement.



Le tweener lobé de Carlos Alcaraz contre Khachanov en huitièmes de finale de Roland-Garros 2022.

Source : www.tennislegend.fr

Carlos Alcaraz est situé sur la ligne de fond de court lorsqu'il joue son « tweener-lob ».

Il frappe la balle à une hauteur $y_0 = 30,0$ cm et lui communique une vitesse $\vec{v}_0$ contenue dans un plan vertical, de valeur $v_0 = 55,1$ km $\cdot$ h $^{-1}$, et formant un angle $\alpha = 48,0^\circ$ avec l'horizontale.

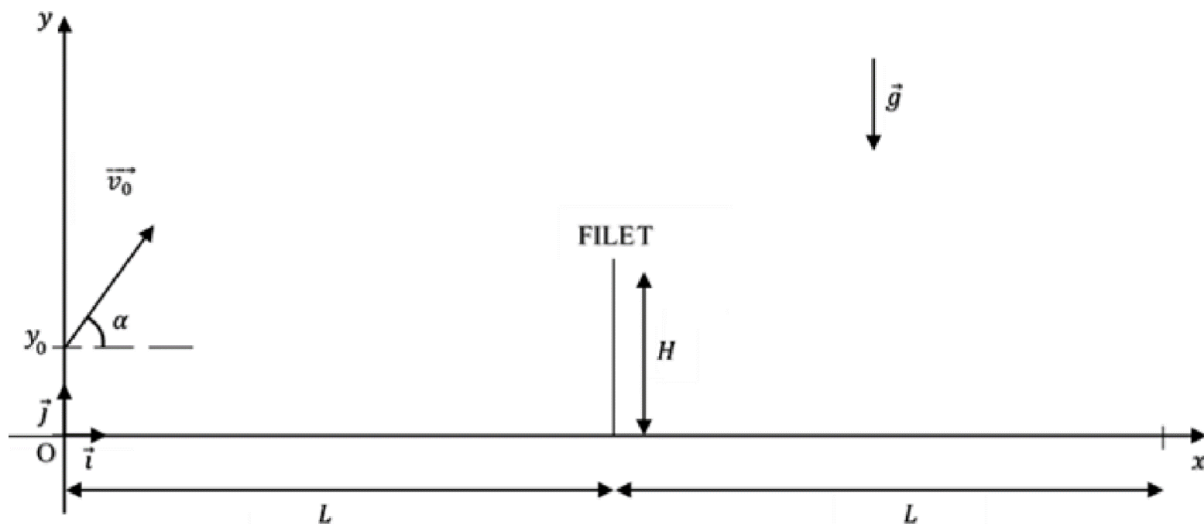


Figure 1 : Représentation schématique de la situation

Données :

- accélération de pesanteur : $g = 9,81$ m.s $^{-2}$;
- masse de la balle : $m = 58,5$ g ;
- longueur entre la ligne de fond de court et le filet : $L = 12,0$ m ;
- hauteur du filet : $H = 0,914$ m.

PARTIE A : Etude du mouvement de la balle lors du « tweener-lob »

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées du vecteur accélération lors du mouvement de la balle dans le repère $(O ; \vec{i}, \vec{j})$.

La balle est frappée à la date $t = 0$ s.

2. Déterminer, en détaillant chaque étape de votre raisonnement, les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du point G dans le repère $(O ; \vec{i}, \vec{j})$.

3. En déduire que l'équation de la trajectoire de la balle est, dans les unités du système international :

$$y = -0,047 x^2 + 1,1 x + 0,30$$

4. L'adversaire Karen Khachanov se situe à 3,0 m du filet et le tamis de sa raquette est alors à une hauteur de 4,0 m lorsque Carlos Alcaraz tente de le loper. Déterminer si la balle jouée par C. Alcaraz passe au-dessus de la raquette de son adversaire.

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

PARTIE B : Etude énergétique du mouvement de la balle

On choisira un axe vertical ascendant et une énergie potentielle de pesanteur nulle à l'origine du repère $(O ; \vec{i}, \vec{j})$.

À $t = 0$ s, la balle est située au point $(x_0 = 0 ; y_0 = 0,30 \text{ m})$ avec une vitesse $v_0 = 55,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

5. Rappeler la définition de l'énergie mécanique E_m de la balle.
6. Exprimer l'énergie mécanique $E_m(0)$ de la balle à $t = 0$ s, en fonction de m , g , v_0 et y_0 . Calculer sa valeur.
7. Indiquer sous quelle condition s'applique la conservation de l'énergie mécanique.
8. Calculer la valeur de la vitesse de la balle v_f quand elle retombe au sol. Indiquer si la valeur réellement mesurée par le radar du terrain sera supérieure ou inférieure à celle calculée. Justifier.

EXERCICE 3 : Utilisation d'un laser comme instrument de mesure (5 points)

On souhaite savoir si un voile en polyester peut être utilisé comme moustiquaire. Pour ce faire, on mesure la taille des mailles rectangulaires à l'aide d'un montage de laboratoire.

A. Vérification de la longueur d'onde du laser

Le montage ci-dessous est réalisé avec une diapositive comportant une fente de largeur connue.

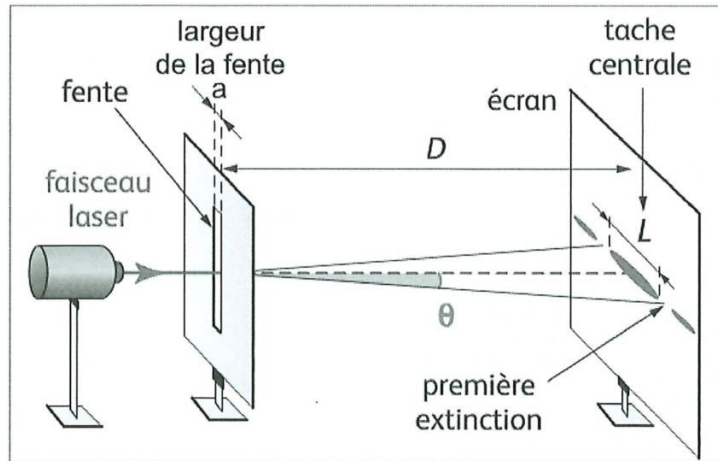


Figure 1 : montage de diffraction

Une série de mesures, avec une distance $D = (1800 \pm 2)$ mm est effectuée. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

a (μm)	30	40	60	80	100	150	200
L (mm)	77	59	40	30	24	16	12

Données :

- Approximations des petits angles, exprimés en radians : $\sin \theta \approx \theta$ et $\tan \theta \approx \theta$;
- Relation théorique entre l'angle de diffraction θ et la valeur de la largeur de la fente a pour les petits angles : $\theta = \frac{\lambda}{a}$;
- Accord d'une mesure avec une valeur de référence : on compare, le cas échéant, le résultat d'une mesure X à une valeur de référence $X_{\text{réf}}$ en utilisant le quotient $\left| \frac{X - X_{\text{réf}}}{u(X)} \right|$ où $u(X)$ est l'incertitude-type associée au résultat.

1. Exprimer à l'aide de la figure 1, l'angle de diffraction θ en fonction de la largeur L de la tache centrale et de la distance D .

En utilisant un tableur et la relation précédente, on obtient le tableau suivant :

$1/a$ (m^{-1})	$3,33 \cdot 10^4$	$2,50 \cdot 10^4$	$1,67 \cdot 10^4$	$1,25 \cdot 10^4$	$1,00 \cdot 10^4$	$6,67 \cdot 10^3$	$5,00 \cdot 10^3$
θ (rad)	$2,14 \cdot 10^{-2}$	$1,64 \cdot 10^{-2}$	$1,11 \cdot 10^{-2}$	$8,33 \cdot 10^{-3}$	$6,67 \cdot 10^{-3}$	$4,44 \cdot 10^{-3}$	$3,33 \cdot 10^{-3}$

Un script écrit en langage python permet ensuite de tracer $\theta = f(1/a)$. On obtient les figures 2 et 3 ci-dessous dans lesquelles θ sera noté *théta* et $1/a$ sera noté *inv_a* :

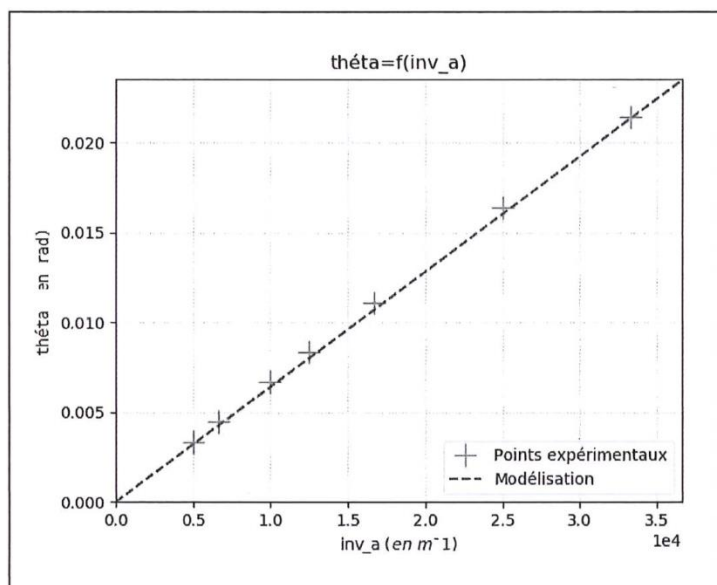


Figure 2 : tracé de $\theta = f(1/a)$

Valeur de la pente $k = 6.41e-07$
 Incertitude-type sur la pente $u(k) = 5.7e-09$
 Données : $6,41e-07 = 6,41 \times 10^{-7}$

Figure 3 : indication de la console

- Déduire des informations précédentes la valeur de la longueur d'onde λ_{laser} du laser utilisé. Justifier.
- Indiquer si la valeur mesurée est en accord avec la longueur d'onde $\lambda_{\text{réf}} = 650 \text{ nm}$ indiquée sur la notice fournie par le constructeur.

B. Mesure de la taille d'une maille rectangulaire d'un voile polyester

Le but de cette partie est de mesurer les dimensions b et b' du voile polyester disponible dont le maillage est représenté sur la figure 4 ci-contre :

On réalise une expérience d'interférences pour évaluer ces dimensions en utilisant la diode laser précédente et en réalisant le montage suivant :

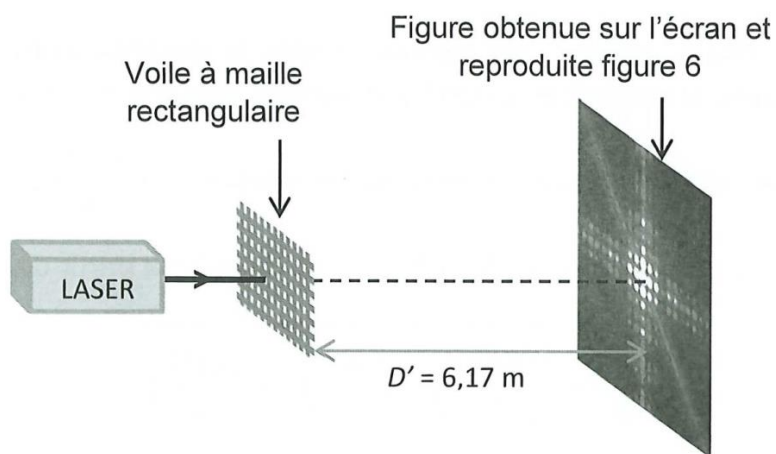


Figure 5 : Montage utilisé (échelle non respectée)

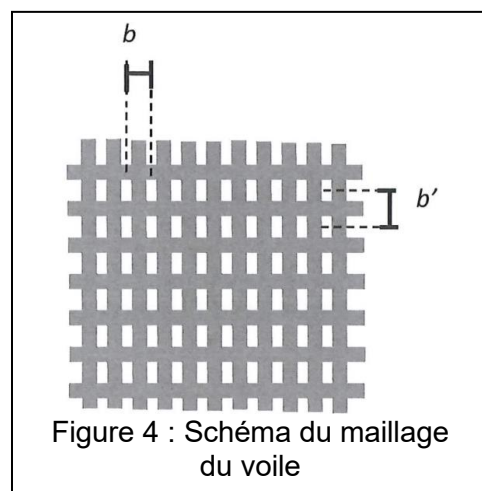


Figure 4 : Schéma du maillage du voile

Données :

- diode laser de longueur d'onde $\lambda = (650 \pm 20)$ nm où ce qui suit le $\pm$ représente l'incertitude-type associée à la longueur d'onde ;
- distance $D' = (6,17 \pm 0,03)$ m où ce qui suit le $\pm$ représente l'incertitude-type associée à la distance ;
- on note b la distance entre les centres de deux trous consécutifs du maillage horizontal et b' la distance entre les centres de deux trous consécutifs du maillage vertical du voile ;
- la figure d'interférences obtenue est donnée sur la figure 6 suivante :

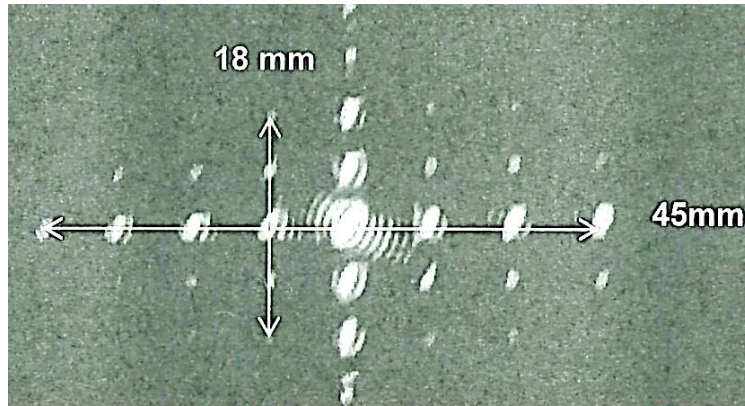


Figure 6 : interférences obtenues avec le voile

- l'interfrange horizontale, notée i , est définie comme la distance entre les centres de deux taches lumineuses successives selon l'axe horizontal identifié sur la figure 6 ;
- l'interfrange verticale, notée i' , est définie comme la distance entre les centres de deux taches lumineuses successives selon l'axe vertical identifié sur la figure 6 ;
- l'expression de l'interfrange est donnée par la relation : $i = \frac{\lambda \times D'}{b}$ et $i' = \frac{\lambda \times D'}{b'}$;
- 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 .

4. Évaluer les valeurs des interfranges, i et i' , à l'aide des dimensions figurant sur la figure 6.
5. En déduire les valeurs des dimensions b et b' du voile utilisé, ainsi que leurs incertitudes associées, en considérant les incertitudes-types sur i et i' : $u(i) = u(i') = 0,1$ mm. Écrire les résultats avec un nombre adapté de chiffres significatifs.
6. Expliquer pourquoi la distance D utilisée dans le montage de la partie A a dû être remplacée par une distance D' pour effectuer la mesure de la partie B.

Selon les recommandations de l'ECARF (European Centre for Allergy Research Foundation), une moustiquaire anti-pollen doit posséder a minima 3 fois plus d'ouvertures par cm^2 qu'une moustiquaire classique qui en comporte 50 par cm^2 .

7. Estimer le nombre d'ouvertures par cm^2 du voile polyester testé. Indiquer s'il est utilisable comme moustiquaire anti-pollen selon l'ECARF.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche pertinente, même non aboutie, sera valorisée.

FEUILLE ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 1

Exercice 1, partie A, question 7. Tableau d'avancement

Équation chimique		+ H ₂ O (ℓ) →			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	x = 0				
État final	x _f				

Exercice 1, partie B, question 14. Titrage par suivi conductimétrique d'une solution diluée d'acide lactique

