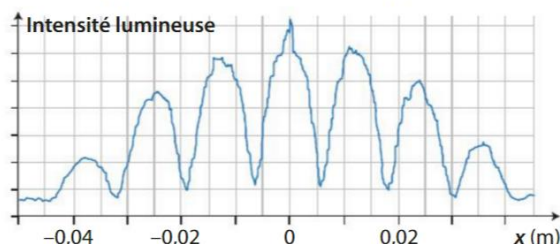


NIVEAU 1 :

16 Calculer un interfrange

| Exploiter un graphique.

Une figure d'interférences est photographiée et analysée avec un logiciel de traitement d'images.



- Déterminer l'interfrange i .

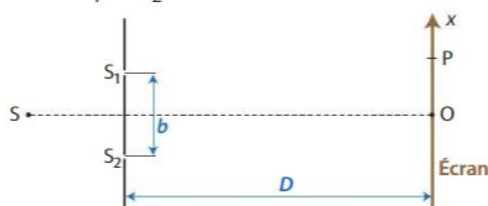
Exercice 20 p 380 (NIVEAU 3 : Enoncé compact ; NIVEAU 2 : Enoncé détaillé)

NIVEAU 2 :

26 Interfrange et longueur d'onde

| Effectuer des calculs ; estimer une incertitude de mesure.

Une source de lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0 éclaire deux fentes étroites S_1 et S_2 , distantes de b . On a $SS_1 = SS_2$.



Le point P, d'abscisse x_k , est un point de l'écran proche de O. Cet écran est suffisamment éloigné des sources pour que $D \gg b$ et $D \gg x_k$.

Dans l'air, la différence de chemin optique ΔL des rayons issus de S_1 et S_2 est donnée par : $\Delta L = \frac{b \times x_k}{D}$.

1. Pour quelles valeurs de ΔL observe-t-on :
 - a. une frange brillante au point P ?
 - b. une frange sombre au point P ?
2. Établir l'expression de l'interfrange i en fonction de λ_0 , b et D .
3. Calculer la longueur d'onde λ_0 de la radiation émise par le laser étudié et évaluer son incertitude à partir des mesures expérimentales.
4. En déduire un encadrement de la longueur d'onde λ_0 .

Données

- Interfrange : $i = (6,0 \pm 0,1)$ mm.
- Distance fentes-écran : $D = (2,00 \pm 0,01)$ m.
- Distance entre les fentes : $b = (0,20 \pm 0,01)$ mm.
- Incertitude-type sur la mesure de la longueur d'onde λ_0 :

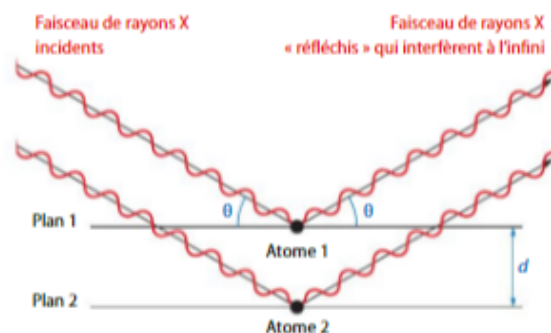
$$u(\lambda_0) = \lambda_0 \times \sqrt{\left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

24 Rayons X et structure cristalline

| Exploiter des informations ; effectuer des calculs.

Les rayons X, découverts en 1895 par le physicien allemand Wilhelm RÖNTGEN (1845-1923), sont des ondes électromagnétiques utilisées notamment en cristallographie pour évaluer la distance d entre deux plans 1 et 2 voisins d'atomes dans un cristal.

Les atomes appartenant à ces plans parallèles diffractent les rayons X. Parmi les rayons diffractés, ceux qui peuvent interférer à l'infini sont ceux qui ont été déviés comme s'ils s'étaient réfléchis sur les plans contenant les atomes. On représente cette situation par le schéma simplifié suivant :



1. Écrire la condition pour que les interférences observées soient :

- a. constructives ;
- b. destructives.

2. À partir du schéma ci-dessus, préciser si on obtient des interférences constructives ou destructives lorsque les ondes « réfléchies » par les atomes 1 et 2 se superposent et interfèrent.

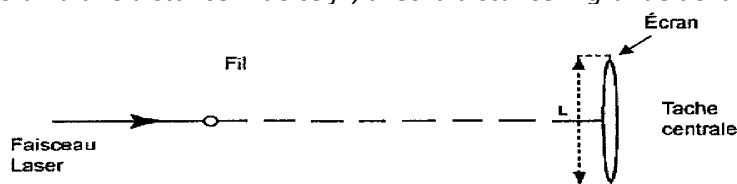
3. La différence de chemin optique ΔL entre deux ondes incidentes qui se réfléchissent sur deux plans successifs est donnée par la relation : $\Delta L = 2d \times \sin \theta$ où d est la distance entre deux plans d'atomes voisins et θ l'angle entre le rayon et le plan.

Pour un angle $\theta = 10,4^\circ$ et une longueur d'onde égale à 0,154 nm, déterminer la distance d dans le cristal étudié, dans le cas où l'on obtient des interférences constructives pour une différence de chemin optique minimale.

Ex1 : Diffraction de la lumière laser – NIVEAU 2

Un faisceau de lumière parallèle monochromatique, de longueur d'onde λ , produit par une source laser, arrive sur un fil vertical, de diamètre a . On place un écran à une distance D de ce fil, avec la distance D grande devant a .

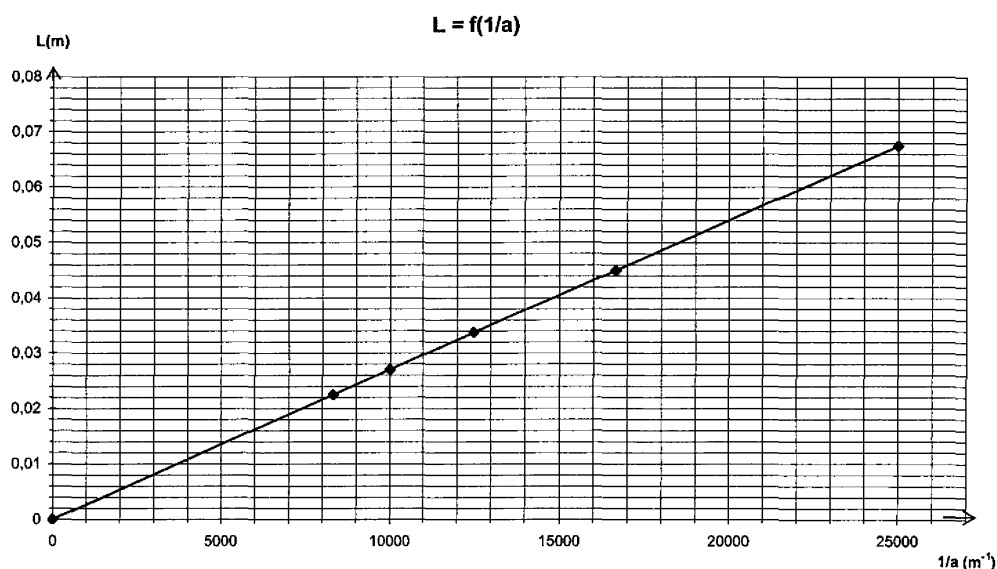
Figure 1



- 1) Faire apparaître sur la figure 1 l'écart angulaire θ et la distance D entre l'objet diffractant et l'écran.
- 2) Montrer que la largeur L de la tâche centrale de diffraction peut se mettre sous la forme : $L = 2 \times \frac{\lambda \times D}{a}$. (on pourra utiliser l'approximation des petits angles : $\tan \theta \approx \theta$).

On cherche maintenant à déterminer expérimentalement la longueur d'onde dans le vide λ de la lumière monochromatique émise par la source laser utilisée. Pour cela, on place devant le faisceau laser des fils calibrés verticaux. On désigne par « a » le diamètre d'un fil. La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance $D = 2,50 \text{ m}$ des fils. Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tâche centrale de diffraction. On trace la courbe $L = f(1/a)$ représentée ci-dessous.

- 3) a) Montrer que l'allure de la courbe $L = f(1/a)$ obtenue est en accord avec l'expression de L donnée à la question 2.
- b) Dédire de cette courbe la longueur d'onde λ dans le vide de la lumière monochromatique du faisceau laser utilisé.



- 4) On dispose d'un nouveau laser dont la longueur d'onde est égale à $\lambda = 405 \text{ nm}$. On cherche à déterminer la largeur a d'un fil à partir de la mesure de la largeur L de la tâche centrale de diffraction.

A partir des données fournies, calculer la largeur a du fil, son incertitude absolue $U(a)$, puis écrire le résultat sous la forme $a \pm U(a)$.

Données :

$$L = (3,40 \pm 0,05) \text{ cm} ; \quad D = (2,500 \pm 0,001) \text{ m} ;$$

$$U(a) = a \times \sqrt{\left(\frac{U(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{U(L)}{L}\right)^2} ; \quad L = 2 \times \frac{\lambda \times D}{a}$$

La conception des masques respiratoires dépend de leur finalité, médicale, industrielle ou autre. Une des caractéristiques importantes est la dimension des particules qu'ils peuvent filtrer. Les virus peuvent être transportés par les microgouttelettes expulsées lors de la respiration ou de l'éternuement. Une toux génère des microgouttelettes de diamètre de plusieurs dizaines de micromètres à une centaine de micromètres.

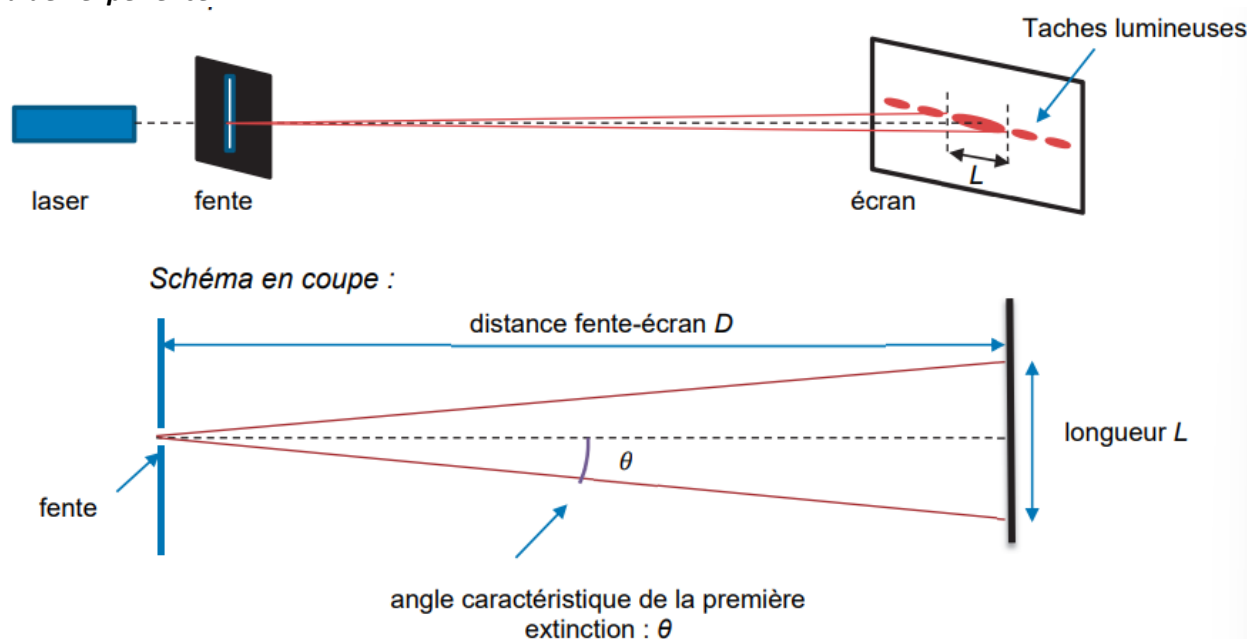
D'après <https://www.esanum.fr>

La filtration obtenue grâce aux masques repose-t-elle uniquement sur un effet de « passoire » ?

Donnée :

- Expression de l'interfrange i d'une figure d'interférences pour une lumière monochromatique de longueur d'onde λ traversant un système de fils parallèles séparés d'une distance b , l'écran étant éloigné d'une distance D du système de fils : $i = \frac{\lambda.D}{b}$
- Lors de l'expérience n°1, une fente de largeur $a = 0,15$ mm est éclairée par un rayonnement issu d'un laser. L'expérimentateur mesure la longueur L de part et d'autre de la tâche centrale obtenue sur un écran pour une distance fente-écran, notée D , variable. Il déduit de ces mesures la valeur de la longueur d'onde λ de la lumière émise par le laser.

Schéma de l'expérience n°1 :



Valeurs expérimentales :

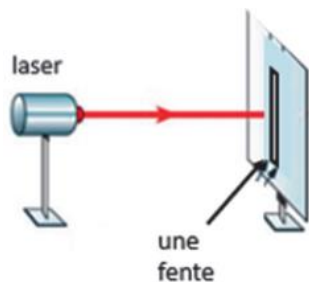
Distance fente-écran mesurée D (en m)	1,000	1,500	1,800	2,300	2,800
Longueur tache centrale mesurée L (en cm)	0,82	1,37	1,49	2,09	2,48
Longueur d'onde calculée λ_{exp} (en nm)	615	685	621	682	664

Q1. Nommer le phénomène ondulatoire exploité par cette expérience.

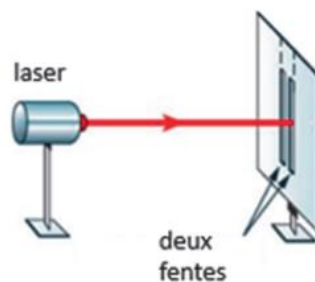
Q2. Déterminer la valeur de la moyenne de la longueur d'onde $\bar{\lambda}$. On admet que l'incertitude-type, $u(\lambda)$, associée à la détermination de la longueur d'onde par cette expérience vaut 13 nm.

Q3. Comparer le résultat obtenu avec la valeur de référence donnée par le fabricant du laser qui indique une longueur d'onde de valeur $\lambda = 650 \text{ nm}$.

Une nouvelle expérience est réalisée à partir de la première expérience : la fente simple est remplacée par une double fente ; le reste du dispositif étant inchangé, et l'écran est placé à la distance $D = 2,23 \text{ m}$. C'est l'expérience n°2.

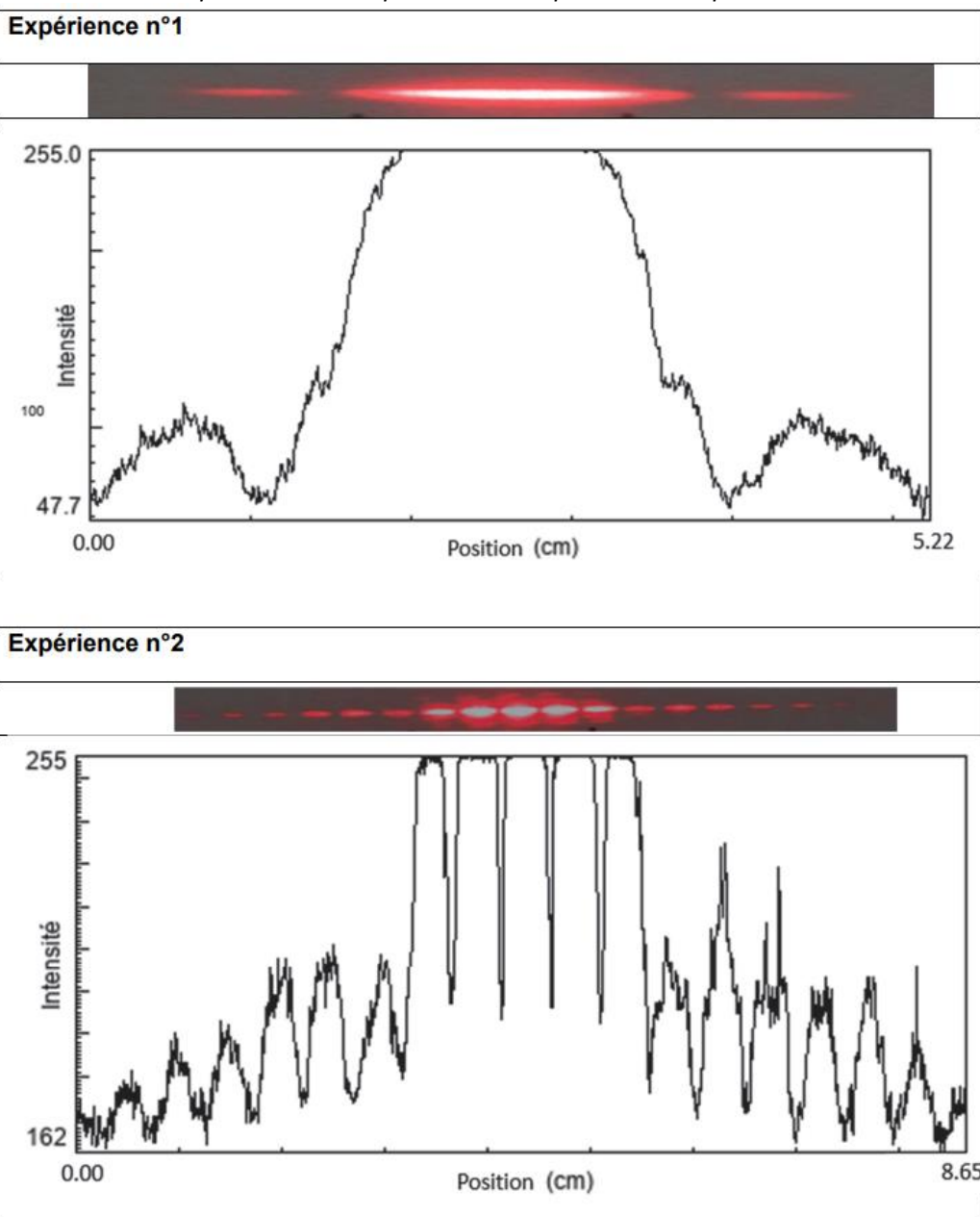


Expérience n°1



Expérience n°2

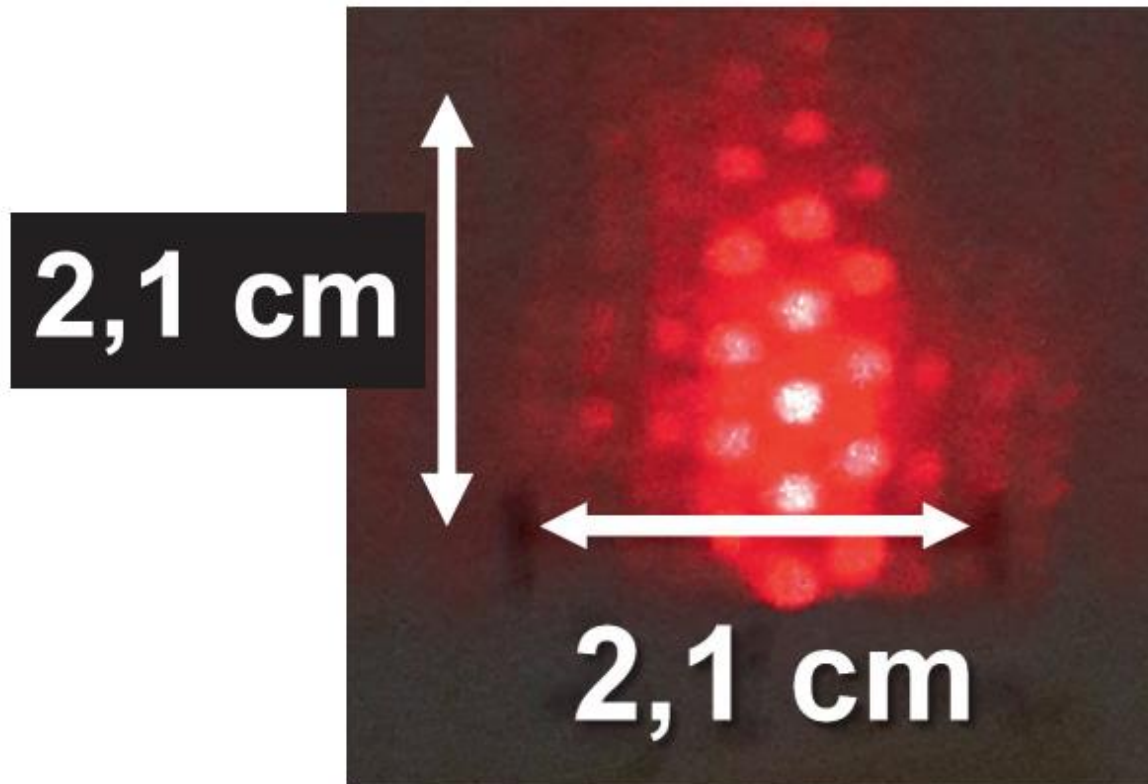
Un logiciel de traitement d'image permet d'obtenir la distribution de l'intensité lumineuse le long de la tâche obtenue sur l'écran. Les résultats obtenus pour les deux expériences sont présentés ci-après.



Q4. Nommer les phénomènes physiques sous-jacents à l'expérience n°2.

Un masque respiratoire en tissu est réalisé en superposant deux couches de tissu. Chaque couche de tissu est constituée d'une trame de fils horizontaux et de fils verticaux. La double fente de l'expérience n°2 est remplacée par une couche de tissu modérément tendu, les autres conditions de l'expérience (nature du laser, distance fente-écran $D = 2,23 \text{ m}$) restant inchangées.

Photographie de l'écran :



Q5. En utilisant les données, estimer la valeur de la distance séparant deux fils horizontaux.

Q6. Comparer la taille d'une maille (maille = trou) d'un masque, avec les dimensions des microgouttelettes expulsées lors de la respiration ou de l'éternuement. On néglige ici l'épaisseur des fils.

Les masques homologués ont une efficacité de filtration des microgouttelettes très proche de 100 %.

Q7. Commenter ce résultat au regard de votre réponse à la question précédente.