DEVOIR SURVEILLE N°3

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **1h00**

L'usage d'une calculatrice <u>EST</u> autorisé

Exercice 1 Interférences (4 points)

En 1905, Einstein décrit l'onde lumineuse comme un flux de particules sans masse : les photons. Par la suite, en 1924, Louis de Broglie a l'idée d'associer une onde à une particule de matière en mouvement ; on a depuis observé des interférences de particules (électrons, atomes, molécules …).
L'objectif de cet exercice est d'étudier, dans une première partie, les interférences lumineuses obtenues à l'aide d'un réseau et, dans une deuxième partie, un dispositif expérimental d'interférences utilisant des molécules de phtalocyanine.

Données :

- constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ;
- constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ m^2.kg.s^{-1} ;
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9{,}81$ m.s^{-2} ;
- masse molaire moléculaire de la phtalocyanine : $M = 514{,}5$ g.mol^{-1}.

1. Interférences d'ondes lumineuses par un réseau

On considère un réseau constitué d'une lame dans laquelle est gravée une série de fentes parallèles régulièrement espacées. La distance régulière entre les fentes, notée « *a* », est appelée « pas du réseau ». Lorsqu'on éclaire ce réseau avec un faisceau laser monochromatique de longueur d'onde λ, les ondes lumineuses diffractées par les différentes fentes se superposent sur un écran. En certains points de l'écran, les interférences sont constructives ; on observe alors sur l'écran une figure d'interférences constituée de franges lumineuses régulièrement espacées (figure 1).
On note L la distance entre le centre de la frange centrale et le centre de sa première voisine (voir figures 1 et 2). En utilisant les notations des schémas ci-dessous, on admet la relation suivante :

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{a}$$

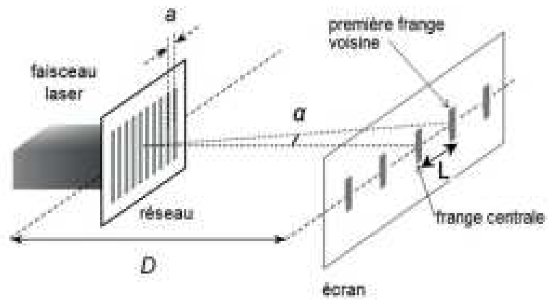


Figure 1. Schéma du dispositif.

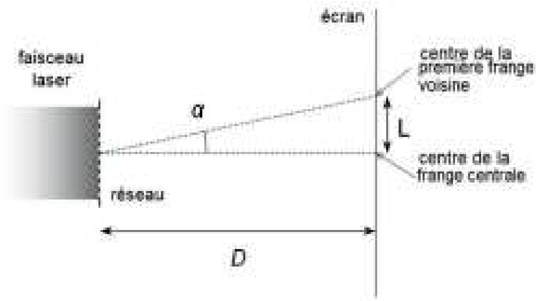


Figure 2. Schéma du dispositif vu de dessus.

1.1. À quelle condition obtient-on, en un point de l'écran, un phénomène d'interférences constructives lorsque deux ondes lumineuses cohérentes interfèrent ?

1.2. Si l'angle α, indiqué sur les figures 1 et 2, est « petit » et exprimé en radians, on peut faire les approximations suivantes : $\sin \alpha \approx \alpha$ et $\tan \alpha \approx \alpha$.

Montrer dans ce cas que $L = \frac{\lambda D}{a}$ (relation 1).

1.3. On remplace la source laser par une source de lumière blanche. On observe une frange centrale de couleur blanche et des franges latérales colorées. Sur la première frange voisine de la frange centrale, donner l'ordre dans lequel les couleurs bleu et rouge sont observées, en partant du centre de la tâche centrale. On argumentera sans calcul en utilisant la relation 1.

Exercice 2 Diffraction (6 points)

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ.
À quelques centimètres du laser, on place successivement des fils verticaux de diamètres connus. 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 = 1,60 m des fils.
Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tache centrale.
À partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire θ du faisceau diffracté (voir figure 1 ci-après).

Figure 1
(Vue du dessus)

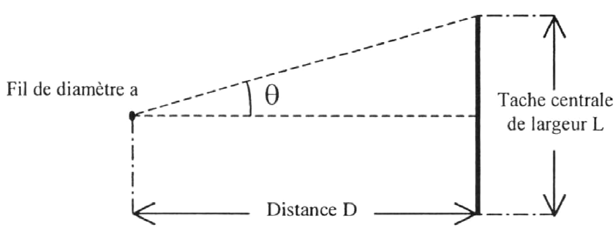
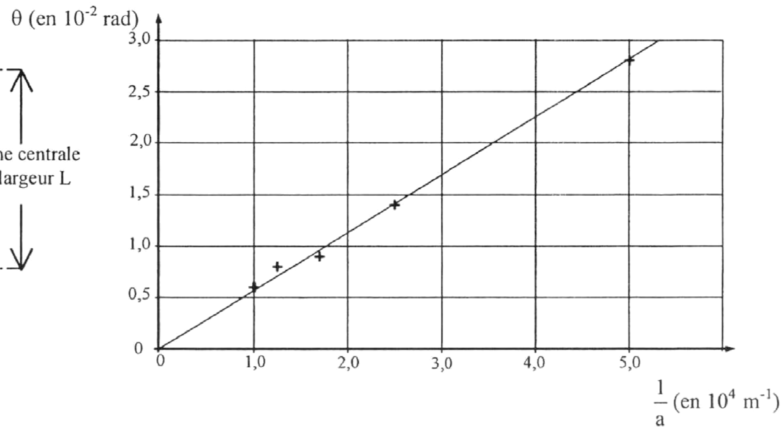


Figure 2



1. *L'angle θ étant petit, θ étant exprimé en radian, on a la relation: tan θ ≈ θ.*
Donner la relation entre L et D qui a permis de calculer θ pour chacun des fils.

2. Donner la relation liant θ, λ et a. Préciser les unités de θ, λ et a.

3. *On trace la courbe θ =f($\frac{1}{a}$). Celle-ci est donnée sur la figure 2 ci-dessus :*
Montrer que la courbe obtenue est en accord avec l'expression de θ donnée à la question **2.2.**

4. Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée ?

5. En utilisant la figure 2, préciser parmi les valeurs de longueurs d'onde proposées ci-dessous, quelle est celle de la lumière utilisée.

560cm ; 560mm ; 560 μm ; 560nm

CORRECTION DEVOIR SURVEILLE N°3

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **1h00**

L'usage d'une calculatrice <u>EST</u> autorisé

Exercice 1 Interférences

1.1 **(2)**Il faut que les sources soient cohérentes : lumière monochromatique , de déphasage constant. Il faut également que la différence de marche entre les faisceaux issus des deux sources soit égal à k.λ

1.2 **(1)**$tan\alpha = \frac{L}{D} = \frac{\Lambda}{a}$ on en déduit le résultat

1.3. **(1)** λ (bleu) < λ (rouge) or L est proportionnel à λ . Donc L(bleu)< L(rouge)
En partant du centre de la tache centrale, on observera donc le bleu d'abord puis le rouge

Exercice 2 Diffraction

1. (1) D'après la figure 1 : tan θ = $\frac{L}{2D}$ comme θ est petit, on a tan θ = θ soit **θ =** $\frac{L}{2D}$

2. (1) On a **θ =** $\frac{\lambda}{a}$ avec θ en radian ; λ et a en mètre.

3. (1) La courbe θ = f(1/a) est une droite passant par l'origine, or l'expression précédente montre que θ et 1/a sont proportionnels (coefficient directeur λ). La figure 2 est en **accord** avec la relation. .

4.(1) Le **coefficient directeur** de la droite représentative de θ = f(1/a) est égal à la longueur d'onde λ.

5. (1) A l'aide de la figure 2, on peut calculer le coefficient directeur de la droite :
soit le point ($\frac{1}{a}$ = 3,5.10^{4} m^{-1} ; θ = 2,0.10^{-2} rad)

λ = θ . a λ = 2,0.10^{-2} × $\frac{1}{3{,}5.10^{4}}$ = 5,7.10^{-7} m donc la valeur à retenir est **λ = 560 nm**

6. (1) La lumière blanche est polychromatique, donc elle contient des radiations de longueurs d'onde différentes qui donneront des taches de largeurs différentes sur l'écran.
Au centre de l'écran, juste en face du fil, toutes les radiations colorées se superposent, on obtient du blanc.
Autour seules certaines radiations se superposent, cela crée des irisations, c'est à dire des couleurs.