

**INSPECTION D'ACADEMIE DE TAMBACOUNDA**  
**CELLULE ACADEMIQUE DE SCIENCES PHYSIQUES**

**Mars 2023**  
**Niveau : TS2**

**SERIE D'EXERCICES SUR LES INTERFERENCES LUMINEUSES**

**EXERCICE 1 :**

La lumière a toujours eu un côté mystérieux qui a interpellé les physiciens depuis des siècles. Tour à tour onde ou corpuscule, elle semble échapper à toute représentation une et entière. Les physiciens du XX<sup>e</sup> siècle ont parlé de complémentarité et de « dualité » pour rendre compte de ces deux représentations qui s'excluent l'une l'autre. On désire retrouver la longueur d'onde d'une source laser He-Ne du laboratoire d'un lycée avec le dispositif interférentiel des fentes de Young. Dans ce dispositif la source laser S éclaire deux fentes secondaires S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> distantes de a. La source S est située sur la médiatrice de S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>. L'écran d'observation E est parallèle au plan S<sub>1</sub>S<sub>2</sub> et situé à une distance D de ce plan.

- Faire le schéma légendé de l'expérience permettant de visualiser des franges d'interférences. Indiquer clairement sur ce schéma la zone où se produisent les franges.
- On montre que la différence de marche  $\delta$  entre les rayons issus des fentes sources S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> s'exprime par la relation  $\delta = \frac{ax}{D}$  en un point M d'abscisse x comptée à partir du milieu de la frange centrale.
  - 1.1. Quelle condition doit vérifier  $\delta$  pour que le point M apparaisse
    - a) brillant ?
    - b) sombre (obscur) ?
  - 2.2. Définir l'interfrange i et montrer qu'elle s'exprime par la relation  $i = \frac{\lambda D}{a}$ .
- On mesure la distance correspondant à 6 interfranges et on trouve d = 28,5 mm.
  - 3.1. Pourquoi a-t-on préféré mesurer 6 interfranges au lieu d'une interfrange ?
  - 3.2. Calculer, en nanomètres, la longueur d'onde  $\lambda$  du laser He-Ne de ce laboratoire (avec 3 chiffres significatifs).  
On prendra : a = 0,20 mm ; D = 1,50 m.

**EXERCICE 2 :**

On réalise une expérience d'interférence lumineuse avec les fentes d'Young.

- Les fentes sont éclairées avec une longueur d'onde  $\lambda = 0,588 \mu\text{m}$ . L'interfrange correspondant i = 0,735 mm. Calculer la distance D de l'écran aux fentes sachant que a = 1,2 mm.
- Calculer l'angle  $\alpha = S_1OS_2$  (en rad.) sous lequel on voit les deux sources du point O de l'écran situé sur la frange centrale.
- Le même dispositif est éclairé en lumière blanche dont les ondes lumineuses ont des longueurs d'onde comprise entre 0,40  $\mu\text{m}$  et 0,80  $\mu\text{m}$ . Chaque onde donnant son propre système de frange, déterminer celles qui présentent une frange sombre à la distance x = 5 mm du milieu O de la frange centrale (les ondes seront caractérisées par leurs longueurs d'onde).

**EXERCICE 3 :**

Une lumière monochromatique, issue d'une fente F, tombe sur un écran E percé de deux fentes F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub> parallèle à F. Un dispositif spécial permet de faire varier la distance entre les fentes F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub> (F<sub>1</sub>F<sub>2</sub>=a) qui reste toutefois située à égale distance de F.

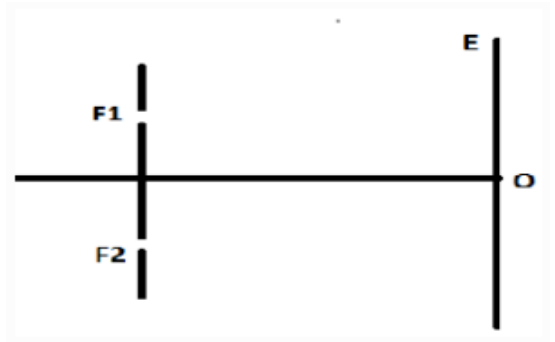
- On dispose un écran K, parallèle à E et à une distance d de celui-ci. Qu'observe-t-on sur l'écran K ?
- La longueur d'onde de la lumière monochromatique est  $\lambda$ . On mesure dans le plan K l'intervalle L séparant N franges brillantes consécutives. Etablir la formule donnant a en fonction de  $\lambda$ , N, d et L (On supposera établie la formule de l'interfrange)  
Calculer a, lorsque  $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ , L=7,2mm, N =7 et d =1,20m
- On augmente uniquement la distance a =F<sub>1</sub>F<sub>2</sub> Qu'en résulte-il sur le phénomène observé sur l'écran ?  
D'autre part on remarque que pour un interfrange inférieur à 0,2mm, l'observation du phénomène devient très difficile à l'œil nu .Quelle sera la valeur limite a' de la distance F<sub>1</sub>F<sub>2</sub> séparant les deux fentes ?
- Combien de franges brillantes observe-t-on sur l'intervalle L = 7,2mm de l'écran K quand a = a' ? La mesure de l'intervalle est faite à partir d'une frange brillante

**EXERCICE 4 :**

La lumière serait de nature contradictoire. Si une théorie permet d'expliquer de nombreux phénomènes, elle peut s'avérer insuffisante pour en comprendre d'autres.

Le but de cet exercice est de montrer que, selon l'expérience réalisée, la lumière peut se comporter de façon différente. A cet effet on réalise le dispositif (ci-contre).

(S) est une source de lumière qui éclaire deux fentes fines  $F_1$  et  $F_2$ , verticales distantes de  $a = 1,5 \text{ mm}$ . La source (S) est équidistante des deux fentes. Un écran (E) opaque vertical est placé à une distance  $D = 2 \text{ m}$  du plan des fentes.



1. Reproduire le schéma et représenter la marche des faisceaux lumineux issus des fentes  $F_1$  et  $F_2$ . Hachurer le champ commun aux deux faisceaux lumineux issus des deux fentes.
2. Quel phénomène se produit sur cette partie commune aux deux faisceaux ? Quel aspect de la lumière permet-il de mettre en évidence ?
3. La source (S) émet une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ .
  - 3.1. Qu'observe-t-on sur l'écran ? Préciser la nature de la frange centrale qui se forme en O.
  - 3.2. Pour déterminer la longueur d'onde  $\lambda$ , on compte 5 franges brillantes de part et d'autres de la frange centrale occupant ensemble une largeur  $\ell = 8 \text{ mm}$ . En déduire la valeur de  $\lambda$ .
4. La source précédente (S) est remplacée par une source (S') qui émet simultanément deux radiations monochromatiques de longueur d'onde  $\lambda_1 = 0,60 \mu\text{m}$  et  $\lambda_2 = 0,54 \mu\text{m}$ . Il se produit une superposition des systèmes de franges formées par les deux radiations.
  - 4.1. A quelle distance  $x$  du point O se produit la première coïncidence de franges brillantes ?
  - 4.2. Une cellule photoélectrique reçoit un rayonnement lumineux issu de la source (S'). L'énergie d'extraction d'un électron du métal qui constitue la cathode de la cellule est  $W_0 = 2,2 \text{ eV}$ .
    - 4.2.1. Montrer qu'il peut se produire l'effet photoélectrique de la cathode de la cellule.
    - 4.2.2. Calculer la vitesse maximale des électrons émis par la cathode. On donne : constante de Planck  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  ; célérité de la lumière  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ; masse de l'électron :  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .
    - 4.2.3. Quelle conclusion peut-on tirer des aspects manifestés par la lumière à travers ces expériences.

**EXERCICE 5 :**

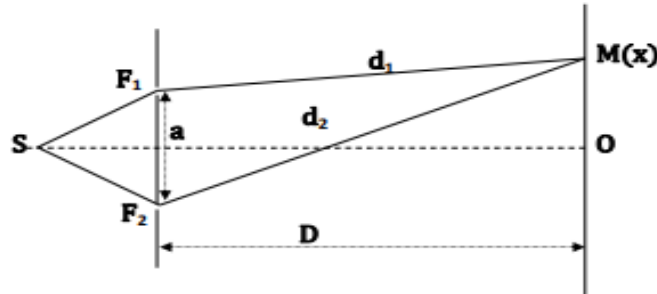
Les fentes de Young permettent, entre autres dispositifs, de mettre en évidence le phénomène d'interférences lumineuses. Au cours d'une séance de travaux pratiques, des élèves doivent établir expérimentalement la relation entre la distance  $a$  qui sépare les fentes de Young et l'interfrange  $i$ . Pour ce faire, ils réalisent le dispositif interférentiel de Young. La source laser S, équidistante des deux fentes, produit une radiation lumineuse de longueur d'onde  $\lambda$ .

L'écran, parallèle au plan des fentes, est placé à une distance  $D = 1,000 \text{ m}$  du dit plan. La distance  $a$  entre les fentes est réglable. Une fois le protocole validé par le professeur, les élèves mesurent l'interfrange  $i$  pour différentes valeurs de la distance  $a$  entre les fentes et calculent le produit  $i \cdot a$ . Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-après.

$a \text{ (} 10^{-3} \text{ m)}$	0,10	0,20	0,30	0,40
$i \text{ (} 10^{-3} \text{ m)}$	6,5	3,3	2,2	1,6
$i \cdot a$				

1. Expliquer qualitativement le phénomène d'interférences lumineuses observé sur l'écran. Quel caractère de la lumière l'expérience d'interférences lumineuses met-elle en évidence ?
2. Pour un point M de l'écran, d'abscisse  $x$ , la différence de marche est donnée par :  $\delta = d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}$ . Quelle condition doit remplir la différence de marche pour que le point M soit le milieu d'une frange obscure ? Exprimer dans ce cas l'abscisse  $x$  du point M en fonction de  $\lambda$ ,  $D$ ,  $a$  et  $k$  (entier naturel).
3. Définir l'interfrange. Etablir son expression en fonction de  $\lambda$ ,  $D$  et  $a$ .

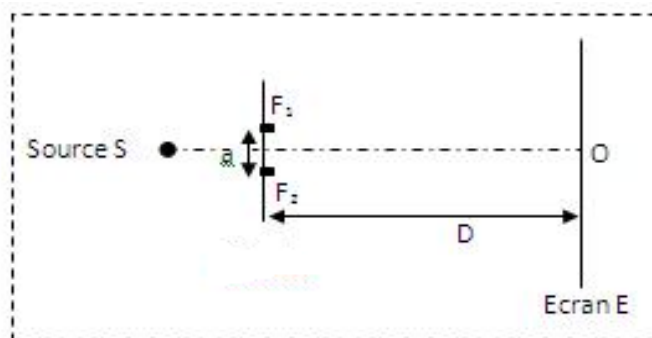
- 4.
  - 4.1. Reproduire le tableau ci-dessus et le compléter. Vérifier que l'interfrange  $i$  est inversement proportionnel à la distance  $a$  qui sépare les fentes. Ce résultat est-il en accord avec la réponse fournie à la question 5-3 ?
  - 4.2. En déduire la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation émise par le laser.
  5. Les élèves éclairent ensuite, avec le laser, une cellule photoélectrique. Le travail d'extraction est  $W_0 = 1,9 \text{ eV}$ . Quel phénomène observent-ils? Justifier la réponse. Préciser le caractère de la lumière mis en évidence dans ce cas.
- Données :  $1\text{eV} = 1,610^{-19} \text{ J}$  ; constante de Planck  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  ; vitesse de la lumière dans le vide  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



**EXERCICE 6 :**

Un dispositif d'interférence est constitué d'une source lumineuse ponctuelle S éclairant deux fentes minces parallèles  $F_1$  et  $F_2$  et un écran d'observation E. La distance entre les fentes est notée  $a$  ; des fentes à l'écran d'observation la distance est  $D = 1,0 \text{ m}$ . La source S est à égale distance des fentes  $F_1$  et  $F_2$ ; elle émet une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 589 \text{ nm}$  (voir figure).

1. Représenter, sur un schéma, les faisceaux lumineux issus de la source S et des fentes  $F_1$  et  $F_2$  et indiquer clairement sur ce schéma la zone d'interférence.
2. Représenter puis expliquer, sommairement, ce que l'on observe sur l'écran, au voisinage de O, point de l'écran situé sur la médiatrice de  $F_1F_2$ .
3. Sur l'écran d'observation, 20 interfranges consécutifs couvrent une bande de largeur  $L = 4,21 \text{ mm}$ .
  - 3.1. Rappeler l'expression de l'interfrange en fonction de la distance  $a$  entre les fentes, de la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière et de la distance  $D$  entre les fentes et l'écran d'observation :
  - 3.2. Calculer la distance  $a$  entre les fentes.
4. La source S est remplacée par une source s'émettant deux radiations lumineuses monochromatiques de longueur d'onde respective  $\lambda_1 = 610 \text{ nm}$  et  $\lambda_2$  inconnue. On observe, sur l'écran, la superposition des systèmes d'interférences correspondant aux deux radiations.
  - 4.1. Rappeler l'expression de la position, sur l'écran et par rapport au point O, d'une frange brillante.
  - 4.2. Montrer que les franges centrales des systèmes d'interférence coïncident.
  - 4.3. La frange brillante d'ordre 10 du système d'interférence correspondant à  $\lambda_1 = 610 \text{ nm}$  coïncide avec la frange brillante d'ordre 11 du système d'interférence correspondant à  $\lambda_2$ .  
Calculer la valeur de la longueur d'onde  $\lambda_2$ . L'ordre d'interférence de la frange centrale est 0.



**FIN DE SERIE**