

Série P₁₂P₁₃- INTERFERENCE LUMINEUSE- EFFET PHOTOELECTRIQUE**EXERCICE 1**

Deux sources cohérentes S_1 et S_2 émettent des vibrations lumineuses.

1- Expliquer pourquoi il est plus facile de repérer la position de la frange centrale lorsque ces sources émettent de la lumière blanche que lorsque ces sources émettent de la lumière monochromatique.

2- Ces sources émettent de la lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 600\text{nm}$. La distance $S_1S_2 = a = 1\text{mm}$. Sur l'écran E on constate que la largeur de 25 interfranges est $\ell = 1,5\text{cm}$.

2.1- Trouver la distance D des sources à l'écran.

2.2- Quelle est la distance d_2 qui sépare la frange d'ordre 3 et la frange d'ordre 8,5 ?

2.3- Calculer la distance d_3 qui sépare la frange d'ordre 4 et la 6^{ème} frange sombre. Ces deux franges étant situées du même côté.

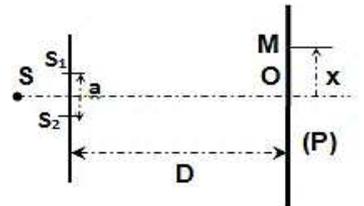
2.4- Calculer la distance d_1 qui sépare la 7^{ème} frange brillante et la 9^{ème} frange sombre. Ces deux franges étant situées de part et d'autre de la frange centrale numérotée zéro.

3- Les sources émettent maintenant deux radiations de longueur d'onde λ_1 et λ_2 .

3.1- Dans une première expérience on utilise les radiations vertes et rouges de longueur d'onde $\lambda_1 = 500\text{nm}$ et $\lambda_2 = 750\text{nm}$. Quel est l'aspect du champ interférence :

- au point M d'abscisse $x = 1,5\text{mm}$?
- au point M' d'abscisse $x' = 2,25\text{mm}$?

3.2- Dans une deuxième expérience les longueurs d'onde utilisées λ'_1 et λ'_2 sont voisines de 592nm et 560nm . A quelle distance x du point O observe-t-on une première extinction totale de la lumière ?

**EXERCICE 2 (BAC S2 2013)**

Des interférences lumineuses sont réalisées avec un laser He-Ne de longueur d'onde $\lambda_1 = 633\text{ nm}$.

Le dispositif comprend une plaque percée de deux fentes très fines distantes de a. Cette plaque est placée à une distance d de la source laser S (figure 3). On observe les interférences sur un écran P parallèle à la plaque et situé à une distance $D = 3\text{ m}$ de celle-ci. Les deux fentes sont à égale distance de la source. La droite (S_0) est l'axe de symétrie du dispositif.

5.1 Expliquer brièvement la formation des franges brillantes et des franges obscures sur l'écran. **(0,5 point)**

5.2 On montre que la différence de marche d entre les rayons issus des fentes sources F_1 et F_2 s'exprime par $\delta = \frac{ax}{D}$ en un point M d'abscisse x comptée à partir du milieu O de la frange centrale.

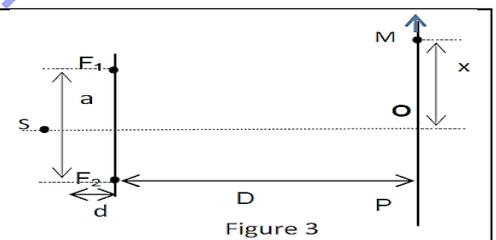


Figure 3

5.2.1 Quelle condition doit vérifier δ pour qu'en un point P de l'écran, on observe une frange brillante ?

5.2.2. Montrer que l'interfrange ou distance entre deux franges consécutives de même nature s'exprime par la formule $i = \frac{\lambda_1 D}{a}$ **(0,25 point)**

5.3. Sur l'écran on mesure la distance entre cinq franges brillantes successives et on trouve $\Delta x = 25\text{ mm}$. On remplace le laser He-Ne par une diode laser de longueur d'onde λ_d , sans rien modifier d'autre ; on mesure maintenant une distance $\Delta x' = 27\text{ mm}$ entre cinq franges brillantes successives.

5.3.1. Trouver la relation donnant l'écart a entre les fentes F_1 et F_2 en fonction de λ_1 , D et Δx . Faire l'application numérique. **(0,5 point)**

5.3.2. Trouver la relation donnant la longueur d'onde λ_d de la diode laser en fonction de λ_1 , Δx et $\Delta x'$. Faire l'application numérique. **(0,5 point)**

5.4. Les deux radiations sont successivement utilisées pour éclairer une cellule photo émissive de fréquence seuil $\nu_0 = 4,5 \cdot 10^{14}\text{ Hz}$.

5.4.1 Dans le cas où il y a émission d'électrons, calculer, en joule puis en électron-volt, l'énergie cinétique maximale $E_{c,max}$ des électrons émis. **(0,75 point)**

5.4.2 Dire quel caractère de la lumière cette expérience met en évidence. Citer une application courante de cet aspect de la lumière. **(0,75 point)**

EXERCICE 3 (Extrait Bac S2 2007).

1. On réalise une expérience d'interférence en lumière monochromatique de longueur d'onde λ . On utilise pour cela une fente source horizontale avec laquelle on éclaire deux fentes horizontales très fines F_1 et F_2 distantes de $a= 200\mu\text{m}$ et située à égale distance de la source. A la distance $D= 1\text{m}$ des fentes F_1 et F_2 on place un écran qui leur est parallèle et qui permet d'observer le phénomène d'interférences. On considère sur l'écran un axe Ox vertical, le point O se trouvant dans le plan médiateur des fentes F_1 et F_2 .

1.1 Décrire et expliquer qualitativement l'aspect de l'écran. (0,5pt)

1.2 Pourquoi utilise-t-on une fente source avant les fentes F_1 et F_2 ?

1.3 Etablir pour un point P de l'axe Ox d'abscisse x , la différence de marche δ entre les rayons provenant de F_1 et F_2 .

1.4 Exprimer en fonction de λ , D , a et de l'entier k , l'abscisse d'un point de l'écran appartenant à une frange sombre et en déduire l'expression de l'interfrange i .

1.5 On mesure $i= 2,74\text{mm}$. Quelle est la longueur d'onde de la lumière utilisée ?

2. On utilise maintenant des filtres permettant de sélectionner différentes radiations monochromatiques. Pour chaque radiation, on mesure la distance correspondant à sept (7) interfrange et on consigne les résultats obtenus dans le tableau suivant :

$\lambda (\mu\text{m})$	0,470	0,520	0,580	0,610	0,650
$7i(\text{mm})$	16,5	18,2	20,3	21,4	22,8
i					

2.1 Pourquoi mesure-t-on la distance correspondant à 7 interfranges plutôt que celle de l'interfrange i ?

2.2 Compléter le tableau puis tracer la courbe représentative de la fonction $i= f(\lambda)$.

Echelle : $1\text{cm} \rightarrow 0,05\mu\text{m}$ en abscisses ; $1\text{cm} \rightarrow 0,2\text{mm}$ en ordonnées.

2.3 L'expression de l'interfrange établie à la question **1.4** est-elle en accord avec la courbe obtenue ? Justifier.

2.4 Déterminer graphiquement :

- L'interfrange obtenue à partir d'une radiation de longueur d'onde $\lambda_1 = 0,600\mu\text{m}$.
- La longueur d'onde donnant un interfrange $i_2 = 2,5\text{mm}$.

3. On opère maintenant en lumière blanche.

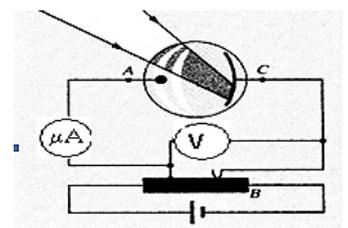
3.1 Décrire sommairement l'aspect de l'écran.

3.2 On place dans le plan de l'écran, parallèlement aux fentes F_1 et F_2 , la fente d'un spectroscopie à 12mm du point O . déterminer le nombre de radiation manquantes et les longueurs d'ondes correspondantes. On rappelle que les limites du spectre visible sont $0,4\mu\text{m}$ et $0,8\mu\text{m}$.

EXERCICE 4

On éclaire une cellule photo-électrique avec des radiations de longueur d'onde λ et on détermine l'énergie cinétique maximale des électrons émis pour chaque valeur de λ . On obtient les résultats suivants :

$E_c (10^{-19} \text{ J})$	0,45	1,00	1,77	2,43	3,06
$\lambda (10^{-6} \text{ m})$	0,500	0,430	0,375	0,330	0,300



1- En choisissant une échelle convenable, tracer la graphe $E_c= f(\nu)$ où ν est la fréquence de la radiation monochromatique.

2- À partir du graphe, déterminer la fréquence seuil ν_0 (que l'on définira) et la constante de Planck.

3- En déduire la longueur d'onde seuil λ_0 ainsi l'énergie d'extraction W_0 de métal utilisé dans cette cellule.

4- Quelle est la nature du métal. On donne :

métal	Zn	Al	Na	K	Sr	Cs
Seuil photoélectrique λ_0 (μm)	0,350	0,365	0,500	0,550	0,600	0,660

EXERCICE 5

5.1- On réalise des interférences lumineuses à l'aide d'un dispositif équivalent à deux sources ponctuelles S_1 et S_2 synchrones en phase et de même amplitude, distantes de $a = 1,00\text{mm}$.

Les franges sont observées sur un écran E placé à la distance $D = 2,0\text{m}$ du plan des sources.

5.1.1 : Faire le schéma d'un dispositif (Young) permettant de réaliser cette expérience. **(0,5 pt)**

5.1.2 : Quelle nature de la lumière cette expérience met-elle en évidence ? **(0,25 pt)**

5.1.3 : La source S émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ_1 . On mesure alors, sur l'écran, la distance $d = 9,90\text{mm}$, séparant le milieu de la frange centrale (numérotée zéro) du milieu de la dixième frange brillante. Calculer la longueur d'onde λ_1 . **(0,5 pt)**

5.1.4 : Définir et calculer l'interfrange i ? **(0,5 pt)**

5.1.5 : Calculer la distance qui sépare la frange d'ordre 4 et la frange d'ordre $-7,5$. **(0,5 pt)**

5.2- La source S émet maintenant simultanément la radiation précédente et une radiation de longueur d'onde λ_2 inconnu.

5.2.1 : On constate que le milieu de la huitième frange brillante de la radiation λ_1 , coïncide avec le milieu de la sixième frange sombre de la radiation λ_2 . Ces franges étant situées sur les abscisses positives, calculer la longueur d'onde λ_2 . **(0,5 pt)**

5.2.2 - A quelle distance de la frange centrale se produit la première coïncidence entre les deux systèmes de franges brillantes ? **(0,5 pt)**

5.3- On dispose d'une cellule photo-électrique dont la cathode est en césium. Le travail d'extraction d'un électron du césium est $W_0 = 2,26\text{ eV}$. Cette cellule est éclairée successivement avec la radiation de longueur d'onde λ_1 puis avec la radiation de longueur d'onde λ_2 .

5.3.1- Vérifier que l'émission photo-électrique n'existe qu'avec une seule des deux radiations précédentes. **(0,5 pt)**

5.3.2- Dans le cas où l'émission a lieu, calculer la vitesse maximale avec laquelle, les électrons quittent le métal. **(0,5 pt)**

5.3.3- Quelle nature de la lumière, cette expérience met-elle en évidence ? **(0,25 pt)**

On donne : célérité de la lumière $C = 3.10^8\text{m/s}$; constante de Planck $h = 6,62.10^{-34}\text{S.I}$; charge élémentaire $e = 1,6.10^{-19}\text{C}$; masse de l'électron $m = 9,1.10^{-31}\text{kg}$; $1\text{eV} = 1,6.10^{-19}\text{J}$.

EXERCICE 6 (Bac S1-S3 2014)

Les interférences lumineuses permettent de déterminer de très petites distances, de l'ordre de $0,5\ \mu\text{m}$. Elles trouvent leurs applications dans des domaines aussi variés que la métrologie, l'holographie, la détermination de l'indice de réfraction d'un gaz....

On réalise une expérience d'interférences lumineuses avec un dispositif des fentes de Young. Un faisceau de lumière issu d'une source ponctuelle S est envoyé sur une plaque opaque P percée de deux fentes très fines S_1 et S_2 . La source S est située sur l'axe de symétrie de S_1S_2 .

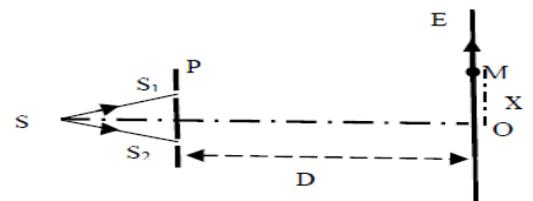


Figure 3

La distance entre les deux fentes, noté a , est très faible.

Un écran E est placé orthogonalement au plan médiateur de S_1S_2 et a une distance D de S_1S_2 . On désigne par O la projection du milieu de S_1S_2 sur l'écran (figure 3).

Etude théorique

4.1 Recopier la figure, représenter les faisceaux diffractés par les sources S_1 et S_2 et indiquer la partie où l'on observe des interférences (zone d'interférences). **(0,5 pt)**

4.2 La source S émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ et de pulsation ω , les fentes S_1 et S_2 émettent des vibrations de la forme $Y_{01} = Y_{02} = S_0 \sin \omega t$. Les vibrations issues de S_1 et S_2 se superposent en tout point de la partie commune aux faisceaux diffractés.

On se propose de caractériser l'intensité lumineuse ou éclaircissement en tout point M de l'écran repère par son abscisse $x = OM$. On désigne par d_1 et d_2 respectivement la distance entre le point M et les sources S_1 et S_2 . La différence de marche est : $\sigma = d_2 - d_1 \approx \frac{ax}{D}$

4.2.1 Donner les expressions des vibrations issues de S_1 et S_2 au point M en fonction de ω , t , d_1 , d_2 et C célérité de la lumière. **(0,5 pt)**

4.2.2 On montre que la vibration résultante au point M est donnée par l'expression :

$$y = 2S_0 \cos\left(\frac{\pi\delta}{\lambda}\right) \sin\omega\left(t - \frac{d_1 + d_2}{2c}\right)$$

Que représente le coefficient $2S_0 \cos\left(\frac{\pi\delta}{\lambda}\right)$ pour la vibration Y ? **(0,5 pt)**

4.2.3 L'intensité lumineuse ou éclaircissement E au point M est définie comme étant une grandeur proportionnelle à la puissance apportée par le rayonnement, cette puissance est elle-même proportionnelle au carré de l'amplitude A de la vibration résultante en M , soit $E = CA^2$, relation où C est une constante de proportionnalité.

a) Montrer que l'intensité lumineuse E en M peut se mettre sous la forme : $E(x) = E_0 \left(1 + \cos\frac{2\pi x}{i}\right)$, relation où on précisera l'expression de E_0 et celle de i **(01 pt)**

b) Calculer E , en fonction de E_0 , pour les valeurs suivantes de x : $-i$; $-3\frac{i}{4}$; $-\frac{i}{2}$; $-\frac{i}{4}$; 0 ; $\frac{i}{4}$; $\frac{i}{2}$; $3\frac{i}{4}$; i .

A l'aide des valeurs obtenues ébaucher le graphe $E(x) = f(x)$. **(01 pt)**

c) A l'aide du graphe, préciser :

- les abscisses des points où l'éclaircissement est maximal (franges brillantes) et celles des points où l'éclaircissement est nul (franges obscures) ; **(0,5 pt)**

- la distance, en fonction de i , qui sépare les milieux de deux franges consécutives de même nature.

Application à la détermination de longueurs d'onde

4.3 L'exploration du champ d'interférences permet de déterminer la longueur d'onde d'une lumière monochromatique par mesure directe ou par comparaison de la figure d'interférences qu'elle produit avec celle d'une radiation de longueur d'onde connue. Dans la suite, on prendra : $D = 2\text{m}$ et $a = 1\text{mm}$.

4.3.1 La source S émet une onde lumineuse bleue de longueur d'onde λ_1 . A l'aide d'un instrument approprié, on mesure la distance correspondant à un ensemble de 10 interfranges sur l'écran; cela donne 9,6 mm. En déduire la valeur de λ_1 . Pourquoi mesurer la distance correspondant à 10 interfranges au lieu de celle qui correspond à 1 interfrange ? **(0,5 pt)**

4.3.2 La source S émet maintenant une onde lumineuse rouge-orangée de longueur d'onde λ_2 . On constate que le milieu de la seconde frange sombre de cette lumière occupe la place qu'occupait le milieu de la seconde frange brillante de la lumière de longueur d'onde λ_1 . La frange centrale est notée zéro (0).

Déduire de cette expérience la longueur d'onde λ_2 de la lumière rouge-orangée. **(0,5 pt)**

AU TRAVAIL !