

P 14 - INTERFERENCES LUMINEUSES

TRAVAUX DIRIGES TERMINALE S

1 Question de cours

- 1) Donner les conditions d'interférences constructives et destructives en un point du champ d'interférence.
- 2) Les franges d'interférence sont-elles équidistantes ?
- 3) Citer quelques dispositifs interférentiels.
- 4) Dans un phénomène d'interférence, qu'appelle t-on interfrange ?
- 5) Peut-on obtenir des interférences lumineuses avec des faisceaux provenant de deux lampes de poche ?



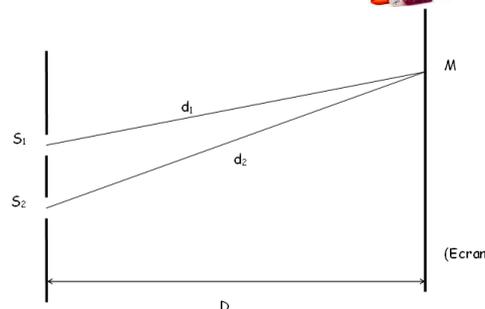
2 Ordre d'interférence

En un point M d'un champ d'interférence, la différence de marche entre les deux faisceaux qui interfèrent est : $\delta_M = 10 \mu\text{m}$. La source de lumière est un diode $\lambda = 670 \text{ nm}$.
Quel est l'ordre d'interférence en ce point ?
Qu'observe-t-on ?



3 Différence de marche

Deux sources lumineuses issues des points S_1 et S_2 interfèrent au point M distant de d_1 et d_2 de ces sources.
On pose $\delta = d_2 - d_1$.
La longueur d'onde de la lumière est $\lambda = 600 \text{ nm}$.
Lorsque $\delta = 0$, il y a une frange brillante d'ordre zéro.
Calculer δ pour la dixième frange brillante.



4 Trous d'Young

On réalise des interférences optiques avec le dispositif des trous de Young. Les ondes lumineuses émises par les sources secondaires S_1 et S_2 ont une fréquence $\nu = 5,093 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.
En un point M du champ d'interférences la différence de marche $\delta = 5,89 \mu\text{m}$.
1) Calculer la longueur d'onde λ de la lumière émise.
2) Les ondes arrivent-elles en M en phase ou en opposition de phase ?



5 Différence de marche

On observe une frange brillante d'ordre $k = 4$ dans le champ d'interférences obtenues avec un laser Ne-He ($\lambda = 633 \text{ nm}$) et des fentes d'Young.
1) Quelle est la différence de marche δ des faisceaux qui produisent par interférence cette frange ?
2) Même question pour une frange sombre d'ordre égal à $\frac{7}{2}$.

doro-cisse.e-monsite.com

6 Détermination d'une longueur d'onde

Données : $S_1 S_2 = a = 2 \text{ mm}$; $d = 50 \text{ cm}$; $i = 0,34 \text{ mm}$; $i' = 0,49 \text{ mm}$.

On réalise une expérience d'interférences lumineuses avec des fentes d'Young qui jouent le rôle de deux sources synchrones S_1 et S_2 ; le faisceau incident est quasi-monochromatique, de longueur d'onde λ .
On mesure l'interfrange i sur un écran placé perpendiculairement à l'axe du système, à une distance D du dispositif puis on relève ensuite sa valeur i' alors que l'écran a été reculé d'une distance d .
1) Réaliser un schéma du montage.
2) Déterminer λ .

7 Détermination d'une longueur d'onde

1) Deux sources cohérentes et synchrones S_1 et S_2 émettent une lumière de longueur d'onde $\lambda = 625 \text{ nm}$. Il y a interférences au point M tel que $d_2 - d_1 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

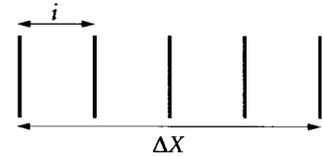
Au point M les interférences sont-elles constructives ou destructives ?

2) Les sources émettent à présent toutes les radiations visibles de longueur d'onde $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 800 \text{ nm}$ (visible).

Calculer les valeurs des longueurs d'onde qui permettent d'avoir au point M des interférences destructives.

8 Fentes d'Young

On réalise l'expérience des fentes d'Young avec un laser He-Ne ($\lambda = 633 \text{ nm}$). On observe les franges d'interférences sur un écran situé à une distance $D = 3 \text{ m}$ des fentes. La distance entre cinq franges noires successives vaut $\Delta X = 25 \text{ mm}$.



Si l'on remplace le laser He-Ne par une diode laser, sans rien modifier d'autre, on mesure maintenant $\Delta X' = 27 \text{ mm}$ entre cinq franges noires.

L'interfrange i est donné par : $i = \frac{\lambda D}{a}$ où a est l'écart entre les fentes.

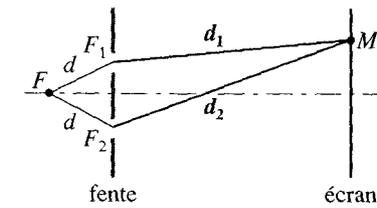


1) Calculer l'écart a entre les fentes.

2) Quelle est la longueur d'onde émise par la diode laser ?

9 Deux fentes F_1 et F_2 sont éclairées par une fente source lumineuse F en lumière monochromatique

rouge de longueur d'onde $\lambda = 0,64 \mu\text{m}$ et se comportent comme deux sources synchrones et en phase. La figure d'interférences est observée sur un écran. On considère un point M de cet écran situé à la distance d_1 de F_1 et d_2 de F_2 .



La source F est située à égale distance de F_1 et de F_2 .

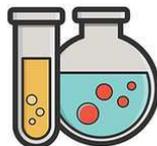
1) Les vibrations lumineuses issues des fentes F_1 et F_2 sont-elles cohérentes ? Sont-elles en phase ? (Justifier les réponses).

2) La vibration lumineuse émise par la fente F_1 arrive en M avec un certain retard. Exprimer ce retard en fonction de d_1 et de la vitesse c de la lumière dans l'air.

3) Même question pour la vibration lumineuse issue de la fente F_2 .

4) En déduire à quelles conditions le point M sera sur une frange brillante ; sur une frange sombre. Que peut-on dire des points M suivants :

- M est tel que $d_2 - d_1 = 0$
- M est tel que $d_2 - d_1 = 3,20 \mu\text{m}$
- M est tel que $d_2 - d_1 = 2,24 \mu\text{m}$.



doro-cisse.e-monsite.com

10 Comparaison de longueurs d'onde

Des franges d'interférence sont obtenues à l'aide de fentes d'Young et une source ordinaire de lumière blanche munie d'un filtre soit rouge, soit vert. A l'aide d'un micromètre, on détermine la valeur de l'interfrange i correspondant. Avec le filtre vert qui laisse passer des radiations autour de $\lambda = 550 \text{ nm}$, on mesure $i = 0,32 \text{ mm}$. Puis on relève la valeur i' lorsque la source blanche est munie du filtre rouge sans modifier les caractéristiques géométriques du montage. On obtient $i' = 0,38 \text{ mm}$.

Quelle est la valeur λ' de la longueur d'onde sélectionnée par le filtre rouge ?

11 Interfrange dans l'expérience des fentes d'Young

Dans le dispositif des fentes d'Young, éclairé par une radiation monochromatique λ , la distance entre sources est $a = 0,5 \text{ mm}$ et l'écran est à $D = 1,5 \text{ m}$ des fentes. Le centre de la frange brillante $k = 4$ est à $X_4 = 7,6 \text{ mm}$ de celui de la frange centrale. On admet que l'interfrange i s'exprime par : $i = \frac{\lambda}{\alpha}$ si α est l'angle sous lequel on voit les sources depuis le milieu de la frange centrale ; α doit être petit pour que cette expression soit valable.

- 1) Faire un schéma où l'on mettra en évidence l'angle α . Exprimer α en fonction de a et D . Cet angle est-il petit, c'est-à-dire inférieur à 10° pour que $\tan\alpha \approx \sin\alpha \approx \alpha$ (en rad) ? Proposer alors une expression de l'interfrange i en fonction de a , λ et D .
- 2) Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ .

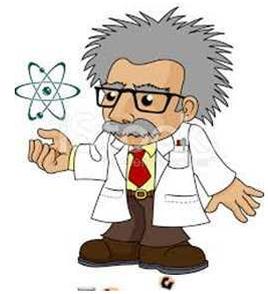
12 Fentes d'Young

Deux fentes F_1 et F_2 distantes de $a = 2 \text{ mm}$ émettent de la lumière provenant d'une même fente source F . Elles produisent un système d'interférences lumineuses sur un écran placé à la distance $D = 2 \text{ m}$ des fentes. La lumière provenant de la source F contient deux radiations monochromatiques, de longueurs d'onde $\lambda_1 = 0,60 \mu\text{m}$ et $\lambda_2 = 0,48 \mu\text{m}$.

L'interfrange i (distance séparant les milieux de deux franges sombres ou de deux franges brillantes consécutives) est lié à λ par la relation :

$$i = \lambda \frac{D}{a}$$

- 1) Représenter à l'échelle 5, sur une largeur de 15 cm :
 - a) la figure d'interférences obtenue avec la radiation de longueur d'onde λ_1 .
 - b) la figure d'interférences obtenue avec la radiation de longueur d'onde λ_2 .
 - c) la figure d'interférences obtenue avec la lumière émise par la source F .
- 2) Qu'observerait-on si la source F émettait de la lumière blanche ?



Les interférences sont-elles constructives ou destructives en ce point ? (Justifier)

13 Interférences par des fentes d'Young

Des interférences lumineuses sont réalisées avec des fentes d'Young et une lampe à vapeur de mercure, émettant des radiations de longueurs d'onde $\lambda_1 = 436 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 577 \text{ nm}$. Les fentes sont vues depuis la frange centrale sous l'angle $\alpha = 1 \text{ mrad}$.

L'interfrange est donné par : $i = \frac{\lambda D}{a}$

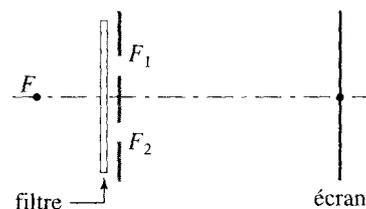
- 1) Calculer les valeurs des interfranges pour les deux radiations.
- 2) Si l'on s'écarte de la frange centrale, pour quel ordre k observe-t-on une coïncidence entre les deux systèmes de franges ?

14 Fentes d'Young

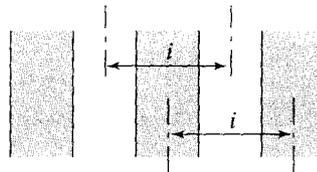
On réalise des interférences lumineuses à l'aide des fentes d'Young.

Les fentes F_1 et F_2 , sont distantes de $a = 0,20 \text{ mm}$ et les interférences sont observées sur un écran situé à la distance $D = 1,0 \text{ m}$ de ces fentes.

Des filtres permettent d'obtenir des radiations monochromatiques différentes.



Pour chaque radiation, on mesure la longueur correspondant à 6 interfranges i (i est la distance séparant le milieu de deux franges brillantes consécutives ou de deux franges sombres consécutives).



1) Pourquoi mesure-t-on la distance correspondant à 6 interfranges de préférence à celle mesurant 1 interfrange ?

2) On a obtenu les résultats suivants :

λ (μm)	0,47	0,52	0,58	0,61	0,65
couleur					
$6i$ (mm)	14,1	15,6	17,4	18,3	19,5
i (mm)					



2.a- Compléter le tableau.

2.b- Tracer la courbe représentative de la fonction $i = f(\lambda)$.

Echelles en abscisses : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,05 \mu\text{m}$; ordonnées : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,1 \text{ mm}$.

3) La relation $i = \lambda \frac{D}{a}$ est-elle en accord avec la courbe obtenue précédemment ?

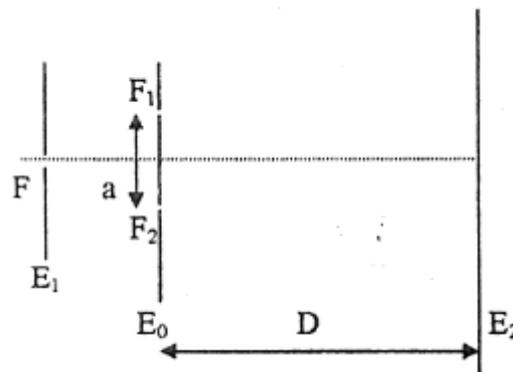
Quelle serait la valeur de l'interfrange obtenu avec une radiation de longueur d'onde $0,50 \mu\text{m}$?

Réponse partielle : 3) $i = 2,5 \text{ mm}$.

15 Deux fentes fines parallèles, rectangulaires F_1 et F_2 sont percées dans un écran opaque, E_0 ; à une distance $a = 0,5 \text{ mm}$ l'une de l'autre.

On les éclaire grâce à une troisième fente F percée dans un écran E_1 derrière lequel est placée une lampe à vapeur de sodium.

E_0 est parallèle à E_1 et F est située à égale distance de F_1 et F_2 et on place un écran E_2 parallèlement à E_0 à une distance $D = 1,00 \text{ m}$ de celui-ci. (figure ci-contre)



La longueur d'onde de la lumière émise par la lampe est $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$, les deux fentes F_1 et F_2 se comportent comme deux sources cohérentes de lumière monochromatique. Les faisceaux de la lumière diffractée par F_1 et F_2 interfèrent et l'on observe sur l'écran E_2 des franges d'interférence.

Soit y l'ordonnée d'un point M de l'écran E_2 appartenant à la zone d'interférence, y étant comptée à partir d'un point O du centre de E_2 .

1) Quel est le caractère de la lumière ainsi mis en évidence par le phénomène observé ?

2) Représenter qualitativement la figure observée sur l'écran E_2 .

3) Expliciter, le sens des termes ou expressions suivants : écran opaque, source monochromatique, sources cohérentes et interfrange.

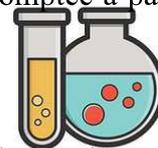
4) Sachant que la différence de marche entre 2 rayons provenant respectivement de F_2 et F_1 , interférant en M , est donnée par la relation :

$$\delta = F_2M - F_1M = \frac{ay}{D}$$

Etablir l'expression de l'interfrange i en fonction de λ_0 , D et a puis calculer i .

5) On remplace la source précédente par une source monochromatique dont la longueur d'onde est λ_1 . On observe sur l'écran E_2 que la distance entre la quatrième frange brillante et la septième frange sombre situées de part et d'autre de la frange centrale brillante est $d = 10,29 \text{ mm}$.

Quelle est la valeur de la longueur d'onde λ_1 de la lumière émise par la source ? (Extrait Bac S1S3 2002)



doro-cisse.e-monsite.com