

Interférences lumineuses : dispositifs des fentes d'Young

I COMPÉTENCES MOBILISÉES

S'approprier (S'app) :

- rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec une situation expérimentale
- énoncer une problématique d'approche expérimentale
- mettre au point un protocole expérimental

Réaliser (R)

- mettre en œuvre un protocole
- utiliser (avec la notice) le matériel de manière adaptée, en autonomie
- mettre en œuvre des règles de sécurité adéquates

Valider (V)

- exploiter des observations, des mesures en identifiant les sources d'erreurs et en estimant les incertitudes
- modéliser
- confronter un modèle à des résultats expérimentaux
- confirmer ou infirmer une hypothèse, une information
- analyser les résultats de manière critique

Communiquer à l'écrit (rédiger un compte rendu) (C)

- Présenter les étapes de son travail de manière synthétique, organisée, cohérente et compréhensible
- Illustrer son propos par des schémas, des graphes, des développements mathématiques

II BUT DE LA SÉANCE

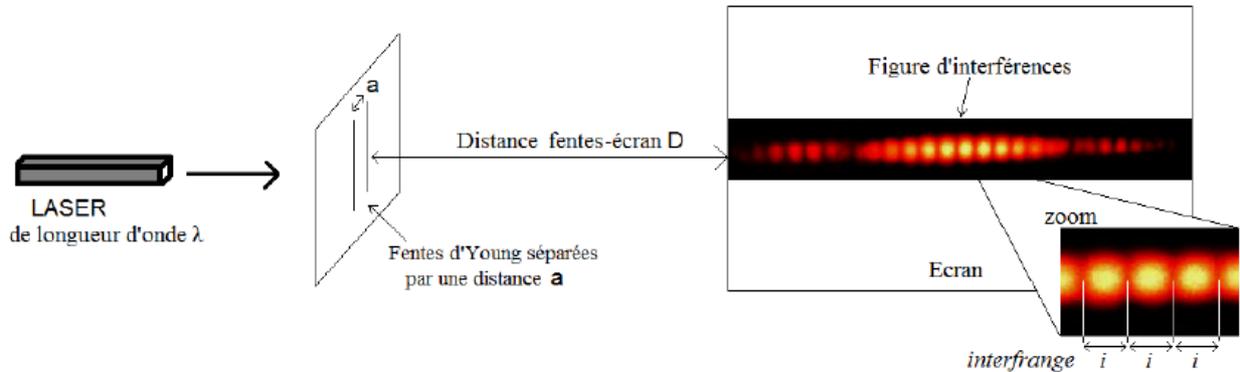
Dans ce TP, il s'agit d'étudier et de caractériser les interférences produites par un célèbre dispositif, le plus simple, celui des fentes d'Young. La séance est axée sur la mesure expérimentale de l'interfrange dont on évaluera l'incertitude à chaque mesure. Le principe de la détermination des incertitudes a été donné dans un fascicule en début d'année, on s'y reportera bien évidemment. On utilisera conjointement le logiciel GUM qui permet d'évaluer de façon numérique les incertitudes.

Document bibliographique sur Thomas Young :

Thomas Young (13 juin 1773-10 mai 1829), est physicien, médecin et égyptologue britannique. L'apport de Young au domaine de l'optique est sans doute son plus grand motif de célébrité, en particulier sa célèbre expérience de la double fente. En 1801, il fait passer un faisceau de lumière à travers deux fentes parallèles, et le projette sur un écran. La lumière est diffractée au passage des fentes et produit sur l'écran des franges d'interférence, c'est-à-dire une alternance de bandes éclairées et non-éclairées. Young en déduit la nature ondulatoire de la lumière (voir aussi dualité onde-particule).

III MESURE DE LA LONGUEUR D'ONDE D'UN LASER

A Mesure directe



Vous disposez d'un jeu de fentes, d'un laser, de règles graduée au mm et au cm
À l'aide d'un protocole expérimental que l'on détaillera, répondre aux deux questions suivantes :

1. Comment varie la distance d'inter-franges i en fonction de la distance D entre les fentes et l'écran ?
2. Comment varie i en fonction de la distance a entre les deux fentes ?
3. En déduire, parmi les formules proposées, celle correspondant à l'expression de l'interfrange.

a/ $i = \lambda \cdot D \cdot a$ b/ $i = \frac{\lambda \cdot D}{a}$ c/ $i = \frac{\lambda \cdot a}{D}$ d/ $i = \frac{\lambda}{D \cdot a}$

On justifiera soigneusement l'élimination des formules aberrantes.

4. Retrouver ces résultats de façon théorique à l'aide d'un calcul de différence de marche.
5. Choisir une valeur de D et ne plus la modifier.
6. Proposer et réaliser un protocole expérimental permettant, à partir de la formule du 3 de vérifier expérimentalement la valeur de λ .
7. Déterminer la valeur de la longueur d'onde d'émission du laser.
8. Déterminer l'incertitude de la mesure en justifiant soigneusement la démarche adoptée pour estimer l'incertitude.

Aide au calcul : Comment évaluer l'incertitude sur la longueur d'onde ?

On note $U(a)$ l'incertitude sur a , $U(D)$ celle sur D et $U(i)$ celle de i
 La loi des incertitudes composées relie les incertitudes entre elles, montrez qu'elle s'écrit dans ce cas (voir fascicule sur les incertitudes) :

Incertitude relative sur la longueur d'onde du laser $\frac{d\lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{U(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{U(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{U(a)}{a}\right)^2}$

9. Estimer à nouveau l'incertitude à l'aide du logiciel GUM. On se réfèrera à l'aide du logiciel.
10. Quelle est la source principale des erreurs de mesures ? On pourra utiliser les fonctionnalités du logiciel GUM pour répondre à cette question.
11. Dans le compte rendu, associez la ou les compétence(s) évaluée(s) pour chaque question de 1 à 10 parmi celle présentée en introduction de TP.

B Mesure à l'aide d'un détecteur Caliens

1. Remplacer l'écran par le détecteur Caliens.
2. Brancher le dispositif à l'ordinateur. Allumer la caméra Caliens et lancer le logiciel Caliens.
3. Enregistrer la figure d'interférence sur la caméra. On veillera à interposer des filtres densité sur le trajet afin d'éviter la saturation du détecteur.
4. A l'aide des curseurs mesurer l'inter-frange.
5. En déduire une nouvelle mesure de la longueur d'onde du laser.
6. Déterminer l'incertitude sur la longueur d'onde pour cette nouvelle mesure.
7. Dans le compte rendu, associez la ou les compétence(s) évaluée(s) pour chaque question de 1 à 7 parmi celle présentée ci-dessus.

IV MESURE DE LA LONGUEUR D'ONDE D'UNE LAMPE SPECTRALE

(si il reste suffisamment de temps)

A DISPOSITIF

On souhaite désormais mesurer la longueur d'onde d'une lampe spectrale. Cette lampe spectrale est une lampe au sodium ou une lampe à mercure dont on filtre une radiation.

Afin d'obtenir un phénomène bien lumineux, et bien contrasté, on remplace on utilise 3 fentes : F, F1 et F2 parallèles entre elles, et on accole à la double fente F1F2 une lentille convergente L.

L'observation des franges se fait dans le plan de l'image F' de la fente F à travers cette lentille.

La source lumineuse est une **lampe spectrale** dont on forme l'image à travers un **condenseur** C sur la fente F.

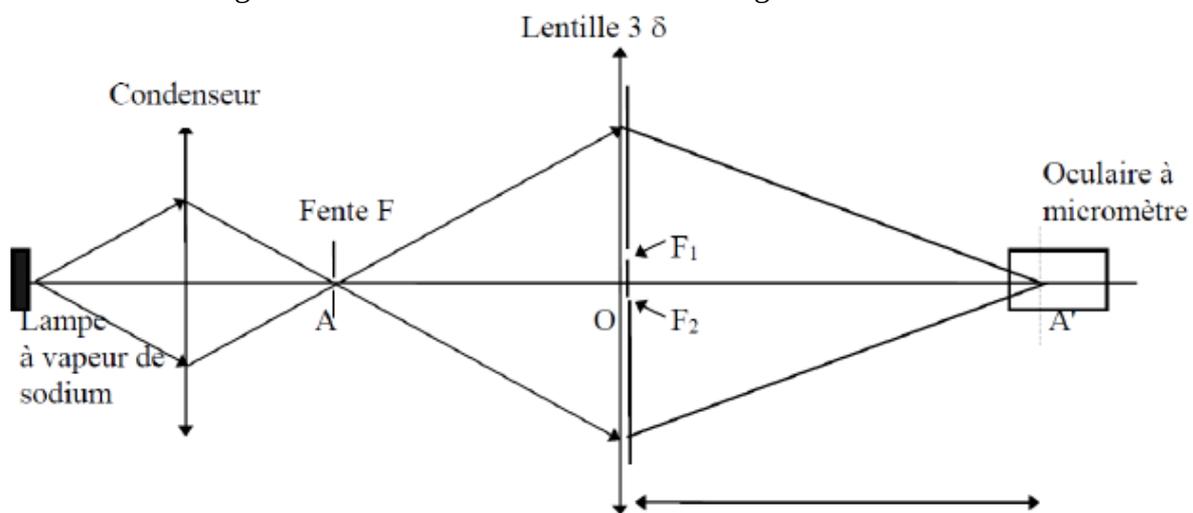
Le condenseur est un système optique de grande surface et fortement convergent.

Son rôle est triple :

- capter un maximum d'énergie lumineuse en provenance de la source afin d'obtenir le plus de lumière possible dans l'image, surtout en augmentant la surface du champ objet,
- éclairer le plus uniformément possible l'ensemble de la surface de la fente,
- assurer une utilisation dans les conditions de Gauss de la lentille de projection L.

La lentille L a une distance focale image d'environ $f' = 300$ mm. Les mesures sont réalisées dans le plan focal image de cette lentille. Pour ce faire, on notera la distance focale de la lentille utilisée lors des manipulations.

La double fente se trouve sur une plaquette métallique que l'on accole derrière la lentille. On observe les franges à travers un **micromètre à oculaire** gradué au 1/10 mm.



B RÉGLAGE PRÉLIMINAIRE (R)

1. Vérifier la verticalité de la fente F. Placer le condenseur à 15 cm environ de la fente F.
2. Former l'image de la lampe au sodium sur cette fente à l'aide du condenseur C.
3. La lampe et le condenseur n'étant pas solidaires, vérifier que l'axe du faisceau coïncide bien avec l'axe optique du système. Mettre au point l'oculaire sur le micromètre.
4. La double fente F1F2 n'étant pas installée, former l'image réelle de F à travers la lentille sur un écran : la distance fente-écran étant de 180 cm environ, déplacer la lentille sur le banc pour obtenir une image nette de la fente sur l'écran.
5. Positionner à la place de l'écran le micromètre oculaire et observer l'image nette de la fente.
6. Mettre au point l'oculaire sur le micromètre, puis, en le déplaçant légèrement, mettre au point sur les bords de l'image de la fente F. Ne plus toucher à l'oculaire.
7. Diminuer la largeur de la fente F. Noter alors la distance D séparant la lentille L du micromètre oculaire.
8. Placer alors la double fente A derrière la lentille. La distance entre les 2 fentes est égale à a.
9. Regarder les franges d'Young dans l'oculaire. En cas d'insuccès, vérifier le parallélisme de F et de F1F2, ou diminuer la largeur de la fente F. Avec une fente fine, la netteté est bonne, mais les franges sont peu lumineuses ; en ouvrant la fente, la netteté diminue au profit de l'éclairement. L'observation des franges se fera à l'intérieur de la tache centrale de diffraction qui est d'autant plus large que les fentes F 1 et F2 sont plus fines.

C MESURE (V)

1. Mesurer l'interfrange i .
2. Comment doit-on modifier la formule de l'interfrange i en fonction de la distance focale ?
3. En déduire une estimation de la longueur d'onde d'émission de la lampe spectrale.
4. Estimer l'incertitude sur cette mesure en utilisant le logiciel GUM.

V MATÉRIEL

- Laser
- Fentes doubles calibrées
- Règles de 1 m
- Écran
- Caméra Caliens avec ordinateur configuré + logiciel GUM installé
- Oculaire ou lunette de visée avec bonette ($f' = 200 \text{ mm}$)
- Condenseur diamètre 80 mm
- Lentille de focale $f' = 200 \text{ mm}$ diamètre 80 mm
- Lentille de focale $f' = 100 \text{ mm}$ diamètre 80 mm

Table des matières

I COMPÉTENCES MOBILISÉES.....	1
S'approprier (S'app) :.....	1
Réaliser (R).....	1
Valider (V).....	1
Communiquer à l'écrit (rédiger un compte rendu) (C).....	1
II BUT DE LA SÉANCE.....	1
III MESURE DE LA LONGUEUR D'ONDE D'UN LASER.....	2
A Mesure directe.....	2
Aide au calcul : Comment évaluer l'incertitude sur la longueur d'onde ?.....	2
B Mesure à l'aide d'un détecteur Caliens.....	3
IV MESURE DE LA LONGUEUR D'ONDE D'UNE LAMPE SPECTRALE.....	3
A DISPOSITIF.....	3
B RÉGLAGE PRÉLIMINAIRE (R).....	4
C MESURE (V).....	4
V MATÉRIEL.....	5