

Questionnaire d'Optique numéro 5

Interférences lumineuses et Diffraction

0.1 Les pré-requis théoriques

1) Quelle “propriété” de la lumière peut-on mettre en évidence en observant une figure d’interférences lumineuses ? Historiquement, quand, par qui, et de quelle manière cette “propriété” (nature) de la lumière a-t-elle été démontrée ? A cette époque, quel “support” pensait-on que la lumière utilisait pour se propager ? Qui a permis de définitivement rejeter cette hypothèse en introduisant le fait que la lumière a des propriétés qui découlent tout naturellement des lois les plus élémentaires de l’électromagnétisme ?

2) Soient deux ondes cosinusoidales $\vec{s}_1 = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi)$ et $\vec{s}_2 = A_2 \cos(\omega_2 t)$. Définir les termes A_i , ω_i et φ pour $i = (1, 2)$, et calculer l’éclairement résultant E de leur superposition en un point M de l’espace.

3) Quelles sont les conditions pour que des interférences soient alors observées avec un contraste maximal ?

4) Expliciter le terme de l’expression de E qui est lié aux interférences.

5) Définir les notions de cohérences spatiale et temporelle. Justifier l’affirmation disant que l’intensité résultant de la superposition de deux ondes \vec{s}_1 et \vec{s}_2 issues de sources cohérentes est $(\vec{s}_1 + \vec{s}_2)(\vec{s}_1 + \vec{s}_2)^*$, et de sources incohérentes est $\vec{s}_1 \vec{s}_1^* + \vec{s}_2 \vec{s}_2^*$.

6) Décrire différents dispositifs expérimentaux permettant d’observer des figures d’interférence. Classez-les dans les catégories interféromètres “à division du front d’onde” ou ”à division d’amplitude”.

7) Retrouver l’expression de l’éclairement résultant de la superposition de deux ondes cohérentes de même amplitude A_0 en fonction de leur différence de marche δ . Expliciter δ dans le cas :

- des fentes d’Young,
- de la lame à faces parallèles en réflexion,
- de la lame à faces parallèles en transmission,
- d’une lame prismatique.

Dans chacun des cas préciser si les interférences sont localisées ou non. Comment peut-on faire pour les observer ?

8) Énoncer le principe de Huygens-Fresnel qui pose les bases de la diffraction. Huygens et Fresnel étaient-ils contemporains ? [4]

9) Différencier les diffractions de Fresnel et de Fraunhofer. A partir du principe de Huygens-Fresnel, donner la figure de Fraunhofer obtenue avec [4] :

- une fente infinie de largeur a ,
- une ouverture rectangulaire de dimension $a \times b$,
- une ouverture circulaire de rayon a .

14) A quoi servent en pratique l'interférométrie et la diffraction ?

0.2 Les “savoir-faire” en sortant de la séance

1) Comment vérifier expérimentalement que l'on est bien placé dans les conditions d'observation de Fraunhofer ?

2) Comment élargir un faisceau laser pour éclairer un plus grand nombre de fentes par exemple ?

3) Avec le matériel disponible en TP, quel type d'interférence de la question 5 de la partie Pré-requis théoriques va-t-on pouvoir réaliser ?

4) Dans le cas des fentes d'Young, doubles ou multiples, retrouver la figure liée à la **diffraction de la lumière sur une seule fente** puis la figure liée aux **interférences** entre les rayons diffractés par les différentes fentes.

5) Remonter aux dimensions des objets diffractant ou des systèmes interférentiels à partir de mesures réalisées sur les figures observées.

6) Rappeler les consignes de sécurité relatives à l'utilisation des lasers. [9]

0.3 Pour aller plus loin ...

1) Exercice : le résonateur d'un laser. Répondre aux questions de la partie Etude du résonateur de l'exercice 13 p.597 de [2].

2) Donner les éléments constitutifs communs à tous les lasers. [4,9]

3) Citer les particularités de la lumière émise par un laser par rapport à une lumière naturelle, type lumière du soleil.

4) Citer des applications au laser : industrie, médecine...

5) Taches dans les yeux : quelle est la nature des taches flottantes petites et diffuses que l'on trouve souvent dans notre champ de vision ? Sont-elles des illusions d'optique ? S'agit-il de grains de poussière sur la surface de l'oeil ou

s'agit-il d'objets situés à l'intérieur de l'oeil ? En regardant une source lumineuse brillante à travers un trou d'épingle percé dans un matériau opaque, on découvre un bel ensemble de cercles concentriques et de longues chaînes flottants. Si ces taches ne sont que des ombres dans ce cas pourquoi voit-on des chaînes et des cercles concentriques ? En outre, pourquoi un trou d'épingle nous aide-t-il à voir la structure de ces taches ? [5]

6) Le miroir poussiéreux de Young : si l'on regarde, de derrière une petite lampe, dans un miroir poussiéreux, on découvre que l'image de la lampe est entourée de franges distinctes et colorées. Un miroir très propre ne produira pas ces franges ; il doit être poussiéreux et légèrement sale. Quelle est l'origine de ces franges et combien y en a-t-il de chaque couleur ? Surtout, pourquoi le miroir doit-il être poussiéreux ou légèrement sale ? [5]

Références

- [1] *Montage de Physique, Optique, Mécanique, Statique des fluides, Calorimétrie*, J. P. Bellier, C. Bouloy et D. Guéant, Editions Dunod (2000)
- [2] *CAPES de Sciences physiques, Tome 1 - PHYSIQUE, Cours et Exercices*, N. Billy, J. Desbois, M. A. Duval, M. Alias, P. Monceau, A. Plaszczynski et M. Toulemonde, Editions Belin dans la collection Belin Sup Physique (2003)
- [3] *Electromagnétisme*, J. P. Pérez, Editions Masson
- [4] *Optique géométrique et ondulatoire*, J. P. Pérez, Editions Masson
- [5] *Le carnaval de la physique*, Jearl Walker, Editions Dunod (1997)
- [6] *Optique expérimentale*, Sextant, Editions Hermann (1997)
- [7] *Raisonnement en physique, La part du sens commun*, Laurence Viennot, Editions De Boeck Université, Collection Pratiques pédagogiques (1996)
- [8] *Les instruments d'Optique, Etude théorique, expérimentale et pratique*, Luc Dettwiller, Editions Ellipses (1997)
- [9] *Le Laser, Principes et techniques d'application*, H. Maillet, Editions Tec. et Doc. Lavoisier (1990)
- [10] et un bon *Dictionnaire de Physique ...*