

Diffraction; interférences lumineuses
Définitions et aspects expérimentaux**I> Nature de la lumière:**

La lumière vérifie la dualité onde-corpuscule:

- elle se comporte comme de la matière: composée de corpuscules nommés photons, sans masse, se déplaçant à la vitesse dans le vide $c = 3 * 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- elle se comporte comme une onde: à ce titre, comme une onde mécanique, elle se caractérise par une fréquence notée ν en (Hz) et une longueur d'onde λ en (m). Elle se déplace à la vitesse c et transporte une énergie E en (J) telle que :

où h est la constant de Planck égale $6,64 * 10^{-34} \text{ U.S.I.}$

Remarques:

1> la longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde en une période T ; on a

2> l'onde lumineuse ainsi définie se nomme onde électromagnétique car résulte en fait du déplacement combiné d'un champs électrique \vec{E} et d'un champs magnétique \vec{B} vectoriellement perpendiculaire à tout instant.

II> Diffraction:**1> Observations:**

C'est un phénomène propre aux ondes quelles soient mécaniques ou électromagnétiques.

On l'observe dès lors qu'une onde franchit un obstacle de très petite dimension, de l'ordre de λ .

Il en résulte une déformation de l'onde après l'obstacle mais la valeur de λ est inchangée. Ainsi l'obstacle se comporte comme une nouvelle et différente source.

2> Diffraction par un trou:

Pour simplifier, prenons une lumière monochromatique λ comme le laser:

On observe une tache centrale beaucoup plus lumineuse que les cercles lumineux qui l'entourent: on la nomme tache d'Airy.

Remarques:

en lumière polychromatique, chaque λ crée sa propre figure de diffraction: au centre on trouve nécessairement une couleur résultant de la synthèse additive de toutes les couleurs puis ensuite des cercles colorés résultant de la synthèse additive des λ qui se superposent - éventuellement aucune!-.

3> diffraction par une fente:

On travaille dans les mêmes situations.

On observe un trait, ou frange, plus lumineuse et plus large que les franges qui l'entourent.

Remarque: la remarque du 2> reste valable.

III> Interférences lumineuses:**1> Analogies mécanique-optique:**

Si deux ondes mécaniques, comme des vagues, se rencontrent, elles interfèrent. C'est le cas en optique si deux faisceaux lumineux se rencontrent et ce sous certaines conditions que nous verrons plus tard.

Prenons le cas typique de deux ondes mécaniques identiques qui se propagent sur l'eau: leur amplitude respective s'ajoute à tout moment lors de l'interférence des deux ondes.

Ainsi vous avez vu en mécanique :

- sommet + sommet = sommet = mouvement = onde dites en phase
- creux + creux = creux = mouvement = ondes en phase
- creux + sommet = "rien" = pas de mouvement = onde en opposition de phase

De même, en interférences acoustiques, on peut avoir:

- son + son = son mais aussi son + son = silence.

Finalement, en optique on peut de la même façon observer:

- lumière + lumière = lumière bien sûr mais aussi = obscurité.

2> Conditions d'observation:

Les zones d'obscurité ne s'observent que sous certaines conditions très précises pour les deux sources lumineuses.

Pour observer aisément ces interférences, et si on part d'une source lumineuse monochromatique comme le laser, on peut réaliser:

- une division du front d'onde: ce sont les dispositifs de Young, trous et fentes vus en T.P. G4
- une division du front d'amplitude: c'est par exemple le dispositif des miroirs de Fresnel.

S_1 et S_2 sont des sources virtuelles, OM_1 et OM_2 sont deux miroirs et θ est très petit de quelques '.

Dans ces deux cas S_1 et S_2 sont des sources secondaires; elles sont dites cohérentes car elles émettent deux ondes de même λ et en phase. Cette condition de cohérence est indispensable pour observer des interférences.

3> Définitions:

Des interférences observables en tous points de l'espace où parviennent les deux ondes sont dites *non localisées*: c'est le cas des dispositifs vus en 2>.

Elles sont dites *localisées* dans le cas contraire c.à.d. si on ne peut les observer que sur une surface de localisation.

4> Interférences avec les trous de Young:

Le dispositif est celui utilisé dans le T.P. G4. Considérons le cas du laser donc source monochromatique.

Dans la partie commune aux deux faisceaux issus des deux sources cohérentes que constituent les trous de Young, on observe la tache d'Airy, entourée de cercles de luminosités décroissantes - c'est la diffraction -, et striées de raies ou franges noires résultat des interférences: c'est l'illustration lumière + lumière = obscurité. Les franges présentent une allure hyperbolique.

5> Interférences avec les fentes de Young:

Le dispositif est celui utilisé dans le T.P. G4. Avec le laser, de même qu'en 4>, on retrouve une frange centrale plus brillante que les franges lumineuses qui se trouvent de chaque côté de celle-ci: c'est la diffraction.

Les franges sont striées de franges sombres équidistantes.

On nomme *interfrange* notée i la distance entre deux franges sombres ou brillante, axe à axe, consécutives.

6> Interférences avec les miroirs de Fresnel:

Avec une source monochromatique comme le laser, on observe une succession à nouveau de franges brillantes et sombres: à la façon des franges vues avec les trous de Young, ce sont en fait des hyperboles que l'on observe sur l'écran.

IV> Sources non - monochromatique:**1> Dispositif:**

Ce sont les sources autre que le laser. Dans ce cas, la source S qui éclaire S_1 et S_2 ne peut être la source lumineuse, S_1 et S_2 n'étant pas alors cohérentes donc pas d'interférence.

Dans les trois dispositifs précédents, S est alors un obstacle de petite dimension éclairé par la source lumineuse: S est appelée alors *source primaire*.

2> Observations:

Chaque λ de la source polychromatique donne sa figure d'interférence. La frange observable en un oint résulte de la synthèse additive de chaque frange créée par chaque λ .

. cas de la lumière blanche:

On observe une frange centrale brillante blanche. Elle est bordée de frange sombres bien nettes. Ensuite, en s'éloignant du centre, on ne trouve plus de part et d'autre de frange sombre car les franges sombres de certaines λ correspondent toujours aux franges brillantes d'autres λ : on parle de spectre cannelé et de blanc d'ordre supérieur car, même s'il manque certaines λ , on en a suffisamment pour créer l'illusion du blanc.