

Il apparaît ici que la condition $\vec{u}_2 = \vec{u}_1$ doit être assurée pour que $\delta(S, M)$ ne varie pas, au premier ordre relatif à la taille de la source, lorsque S balaye celle-ci : les points S_0, A_1 et A_2 doivent être alignés.

1.5.3. Les limites des dispositifs à division du front d'onde

Dans le cas de l'**expérience de Young**, ce sont les trous T_1 et T_2 qui jouent les rôles des points A_1 et A_2 précédents. Les points S_0, T_1 et T_2 ne sont pas alignés, et la différence de marche varie rapidement (à l'ordre 1) avec la taille de la source :

$$\delta(S, M) - \delta(S_0, M) \approx \frac{a}{L} x_S.$$

Nous retrouvons ici les limites évoquées au § 1.3.

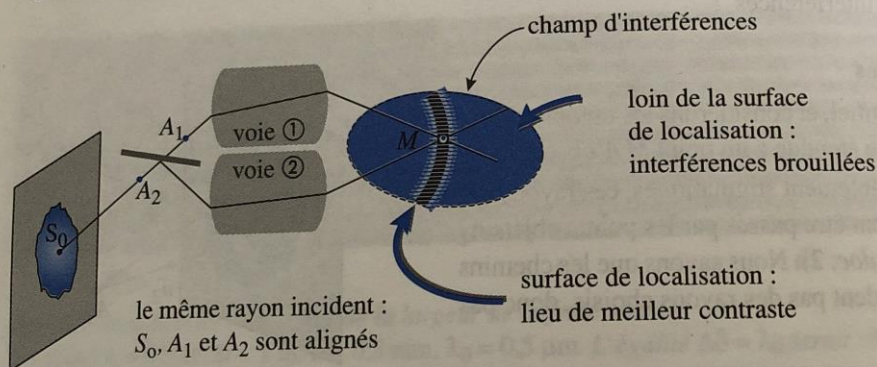
1.5.4. Division d'amplitude et source étendue

Avec un dispositif à division d'amplitude, l'alignement de S_0, A_1 et A_2 n'est pas impossible : le même rayon, divisé par la séparatrice à l'entrée de l'interféromètre de Michelson, peut donner naissance à deux rayons secondaires. Leur intersection en sortie correspond à un point M privilégié : les franges restent contrastées lorsque la source est élargie (*doc. 7*).

Pour les dispositifs à division d'amplitude, il est envisageable d'observer des franges lumineuses et pourtant contrastées, au voisinage des points à l'intersection des rayons émergents issus du même rayon incident.

Dans ce qui suit, nous utiliserons ou vérifierons, par expérience ou simulation, ce critère géométrique pour les franges formées par la lame d'air de l'interféromètre Michelson.

Nous constaterons, qu'en pratique, l'ensemble de ces points d'observation privilégiés forme une surface : la surface de localisation des franges (*doc. 7*).



Doc.7. Localisation de franges par élargissement de la source (division d'amplitude).

2 Franges localisées de coin d'air

2.1. Localisation des franges

Pour observer le phénomène de localisation des franges, simulons un interféromètre de Michelson, réglé en coin d'air, éclairé par une source étendue.

En est-il de même pour un autre dispositif à division du front d'onde, comme les miroirs de Fresnel par exemple ?

Nous avons établi un parallèle entre cette expérience et celle de Young, en construisant les sources secondaires. Dans ces conditions, les résultats précédents peuvent être sans peine extrapolés : les miroirs de Fresnel (et plus généralement d'autres dispositifs à division du front d'onde) doivent être éclairés par une fente source fine :

Les dispositifs à division du front d'onde, doivent être éclairés par des sources très fines. Dans ces conditions, le contraste reste convenable et les interférences sont délocalisées car observables dans l'ensemble du champ d'interférences.

1.5. Localisation des franges

1.5.1. Où observer les interférences ?

Le constat effectué avec un dispositif diviseur du front est un peu décevant... mais il était à craindre : les longueurs d'onde optiques sont courtes, à l'échelle d'une expérience usuelle, et le critère de visibilité, proposé au § 1.4. est très restrictif. Nous pouvons alors nous demander s'il n'existe pas, pour certains dispositifs, quelques points M privilégiés, pour lesquels $\delta(S, M)$ dépendrait suffisamment peu de S , pour que le brouillage soit évité lors de l'élargissement de la source.

S'il existe des points M , tels que $\delta(S, M)$ dépend « très peu » de S , les interférences, brouillées par l'élargissement de la source, restent malgré tout visibles au voisinage de ces points, qui réalisent un contraste maximal dans le champ d'interférences : avec une source élargie, les interférences sont localisées au voisinage de ces points.

Nous verrons par la suite qu'ils existe heureusement quelques cas de ce genre. Notons que si des interférences localisées sont réalisées, il faudra placer l'écran au bon endroit pour espérer voir les franges d'interférences !

1.5.2. Recherche de points privilégiés

Reprenons un schéma de dispositif interférentiel, et considérons les rayons reliant, par les voies ① et ②, un point S de la source étendue à un point M d'observation. Si les voies de l'interféromètre sont convenablement stigmatiques, ces rayons qui passent par M en sortie de chaque voie doivent être passés par les points objets A_1 et A_2 , conjugués de M par les voies ① et ② (doc. 2). Nous savons que les chemins optiques $(A_1M) = L_1$ et $(A_2M) = L_2$ ne dépendent pas des rayons choisis, donc pas de la position du point source S :

$$\delta(S, M) = (SM)_2 - (SM)_1 = SA_2 + L_2 - SA_1 - L_1$$

et

$$\delta(S_0, M) = S_0A_2 + L_2 - S_0A_1 - L_1$$

Ainsi, lorsque S décrit la source étendue, les variations de la différence de marche sont contenues dans l'expression :

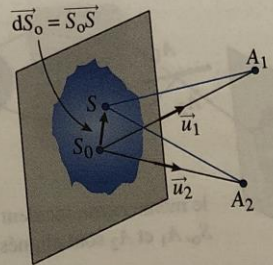
$$\delta(S, M) = \delta(S_0, M) + [SA_2 - S_0A_2] - [SA_1 - S_0A_1] .$$

Évaluons le dernier terme entre crochets en supposant que la source est assez peu étendue pour utiliser un développement limité au premier ordre (cf. doc. 6) :

$$SA_1 - S_0A_1 \approx \vec{u}_1 \cdot \overrightarrow{S_0S} ,$$

où \vec{u}_1 est le vecteur unitaire pointant de S_0 vers A_1 . En procédant de même pour le point A_2 , la différence de marche peut s'écrire :

$$\delta(S, M) = \delta(S_0, M) + (\vec{u}_2 - \vec{u}_1) \cdot \overrightarrow{S_0S} + \dots$$



La variation de la distance S_0A lorsque S_0 subit le déplacement élémentaire $d\vec{S}_0 = \overrightarrow{S_0S}$, peut s'écrire, à l'ordre 1 :

$$d(S_0A) = \frac{1}{2 S_0A} d(\overrightarrow{S_0A}^2) \\ = \frac{\overrightarrow{S_0A}}{S_0A} d(\overrightarrow{S_0A}) = \vec{u} \cdot \overrightarrow{S_0S}$$

où \vec{u} est le vecteur unitaire pointant de S_0 vers A .

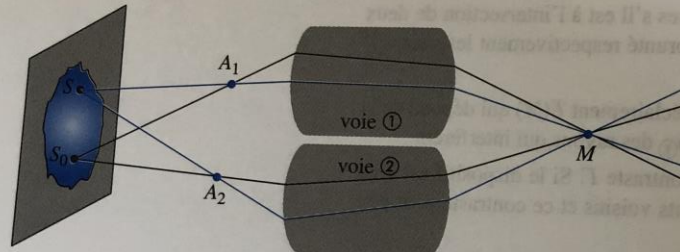
Doc. 6. S_0A et SA diffèrent légèrement, pour $A = A_1$ ou bien A_2 .

1.2. Ensemble de sources incohérentes

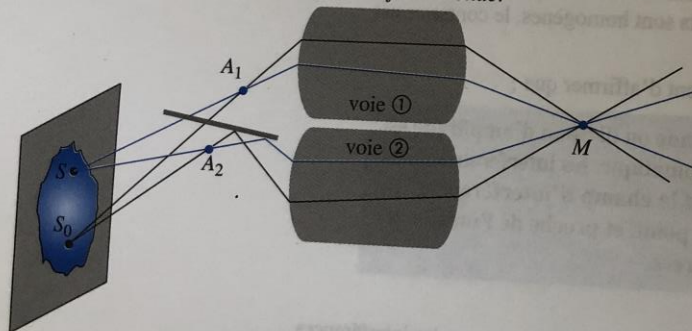
1.2.1. La source étendue

La source ponctuelle est un modèle : le diaphragme que nous pouvons réduire au maximum peut tout au plus nous donner une source quasi ponctuelle, mais sa taille n'est jamais rigoureusement nulle.

Considérons maintenant une source réelle, donc non ponctuelle. Éclairée par les éléments incohérents d'une source lumineuse classique, nous la considérerons comme un ensemble de sources S incohérentes.



a. Division du front d'onde.



b. Division d'amplitude.

1.2.2. Éclairement résultant

Prenons une source élémentaire S_0 appartenant à la source étendue, à laquelle nous affectons éclairement $\mathcal{E}_{0,s}$. Les sources secondaires S_{01} et S_{02} associées à S_0 par les voies ① et ② du dispositif sont cohérentes entre elles. Il y a donc interférence :

$$\mathcal{E}_{S_0}(M) = 2\mathcal{E}_{0,S_0} \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi\delta(S_0, M)}{\lambda} \right) \right).$$

Pour un autre S_0

◀ Doc. 2. Interférences avec une source étendue incohérente.

- Les rayons noirs issus de S_0 interfèrent en M. Les rayons colorés issus de S font de même.
- Un rayon noir et un rayon coloré n'interfèrent pas : les éclairissements « noir » et « coloré » s'ajoutent.
- Tous ces rayons sont passés par A_1 ou A_2 , antécédents de M par les voies ① et ②.