

M08 : INTERFÉRENCES DES ONDES LUMINEUSES

Idées directrices à faire passer

- illustrer les deux concepts division du front d'onde / division d'amplitude
- 3 types de cohérence à discuter : polarisation, spatiale et temporelle

Bibliographie

- [1] Cap Prépa, PC-PC*, Pearson
- [2] Optique, une approche expérimentale et pratique, Houard, De Boeck
- [3] Optique, Sextant, Hermann

Introduction Passage 1 fente \rightarrow 2 fentes. Montrer qu'il y a apparition de franges d'interférence au sein de la figure de diffraction. Rappeler les conditions "basiques" d'obtention d'interférences : unicité de la source primaire pour garantir même pulsation et relation de phase à l'origine constante. Les conditions de cohérence seront explicitées tout au long du montage.

I Interféromètre à division d'amplitude [2]

1 Cohérence spatiale et localisation (qualitatif)

- expérience sur Michelson
- présenter l'intérêt de la division d'amplitude : cette configuration assure l'existence de zones où le contraste est conservé en source étendue (énoncer le théorème de localisation pour s'en convaincre)
- Montrer qu'en lame d'air les franges sont localisées à l'infini (utiliser lampe Na). Nécessité de la lentille de projection
- Montrer qu'alors le contraste est indépendant de la taille de la source et que les conjugaisons de lentille ne sont pas critiques
- passer en coin d'air et montrer qu'il faut conjuguer miroirs et écran
- se mettre en source étendue. Perturber la conjugaison jusqu'à la perte des franges, diminuer alors la taille de la source et constater que l'on retrouve les franges. Cette fois, la conjugaison est donc critique.

2 cohérence temporelle [3]

- se placer dans de bonnes conditions d'éclairement (pas de problème de cohérence spatiale)
- pour s'assurer qu'il n'y a pas de problème de cohérence spatiale, montrer que diaphragmer la source ne change rien
- commencer au laser (utiliser laser épuré pour bien éclairer les miroirs et avoir une bonne luminosité)
- passer en lampe Na par exemple et montrer les brouillages successifs (interférence du doublet)
- enfin passer en lampe blanche en coin d'air, en expliquant la procédure (utilisation d'un PVD pour récupérer l'alignement)

3 Mesure de l'épaisseur d'une lame de verre [3]

On utilisera une lame couvre-objet de très faible épaisseur pour avoir un chariotage faible à faire. Se référer au Sextant p151. Se mettre en lumière blanche, et mettre la lame sur un demi-espace, ce qui fait perdre les irisations. Au passage, on montre l'effet de la cohérence temporelle d'une lampe blanche. Chariotter pour retrouver les franges, conclure quant à l'épaisseur de la lame ou à son indice (selon ce que l'on connaît).

4 Cohérence de polarisation (qualitatif)

- Michelson + lampe Na (non polarisée)
- placer des polariseurs croisés sur les bras du Michelson
- constater la disparition des franges
- pour des polariseurs de même axe, on conserve un système de franges, très perturbé car les polariseurs sont de mauvaises qualité.

II Interféromètre à division du front d'onde : fentes d'Young [2]

manipulation : éclairage en lumière blanche (taille de la source modulée par une fente réglable) + utilisation d'un système d'acquisition Caliens.

On peut se convaincre rapidement que malgré une très faible longueur de cohérence d'une lampe blanche, la différence de marche est assez faible pour observer tout de même des franges d'interférence

Astuce : utiliser le tube cartonné pour faire le noir autour de Caliens. Coller les fentes de l'autre côté du tube. Ainsi, on maintient une longueur constante et on minimise les perturbations

-> Montrer alors les franges et constater que le contraste n'est pas unitaire. Ici, il y a a priori des limitations dues à la cohérence spatiale et temporelle.

1 Cohérence spatiale (qualitatif) [1] [2]

manipulation : mettre en évidence le brouillage et l'inversion de contraste des franges. Ecrire explicitement le terme de contraste du à la taille de la fente source (éventuellement utiliser un filtre fréquentiel pour se prémunir du brouillage temporel).

- se placer avec filtre interférentiel (pour ne pas être gêné par la cohérence temporelle du phénomène)
- Montrer que l'effet est observé si l'on modifie la taille de la source **et** si l'on modifie la distance fente source / bifente (souligne l'effet de la source et du dispositif interférentiel)
- ne pas faire de mesures quantitatives (marche trop mal)
- ouvrir sur l'intérêt de la division d'amplitude (impossibilité d'utiliser une source large pour un système à division de front d'onde)

III Utilisation de l'interférométrie en spectroscopie

1 Cavité confocale

- utiliser la cavité confocale de l'ENSC
- constater 2 à trois modes en utilisant le laser NEC (le plus stable dont on dispose)
- l'interprétation est assez simple mais peu documentée! Il faut en particulier se souvenir que pour une cavité imparfaitement alignée (ce qui sera toujours notre cas), la lumière rebouche après un trajet en 8, il faut donc deux aller-retour avant rebouclage, ce qui nous donne l'ISL de la cavité
- les branchements ne sont pas tout à fait intuitif, suivre la doc technique

2 mesure relative de fréquence optique entre deux sources

Attention : Il n'y a pas de sources sur cette partie! Il faut savoir faire. C'est le montage proposé par Jean pendant l'année

- laser de référence à λ_0 connue
- laser dont on souhaite connaître la longueur d'onde λ
- on réalise un système de comptage des franges défilées pour chacun des lasers (lame semi et deux détecteurs)
- chariotage réalisé au moteur
- c'est le principe technologique d'un vrai interféromètre (le chariotage est contrôlé optiquement par le défilement du laser de référence, on s'affranchit ainsi des problèmes d'inconstance du défilement)
- on peut faire dans ce cas une mesure statistique. On fait par exemple 10 mesures de λ en comptant à chaque fois 200 défilements de la référence et on prend moyenne et écart type.
- belle mesure métrologique mais il faut s'entraîner à la mettre en place rapidement (assez technique)

Conclusion : l'interférométrie permet de mesurer de très faibles longueurs ou permettre l'hyperrésolution au delà du critère de Rayleigh pour un système d'étoiles doubles par exemple par extinction périodique du contraste : c'est l'interférométrie stellaire!