

## LP 33 : Interféromètres à division d'amplitude

### Bibliographie :

- S. HOUARD, optique : une approche expérimentale et pratique, ed. de Boeck
- A. MAUREL, optique ondulatoire, ed. Belin
- Z. TOFFANO, optoélectronique, ed. Ellipse
- un livre de prépa d'optique (tec et docs, j'intègre...)

### Plan détaillé :

Introduction : deux types d'interféromètres : à division de front d'onde (ex : trous d'Young) et à division d'amplitude (ex : Michelson)

#### I) L'interféromètre de Michelson : principe et applications

##### 1) Présentation

- présenter un Michelson, interféromètre classique à deux ondes (schéma, les configurations lame et coin d'air, intérêt de la compensatrice)
- selon les applications développées, insister sur la lame ou le coin d'air (calcul de la différence de marche, forme de la figure d'interférence, conditions d'éclairage et localisation des franges)

##### 2) Applications

- lame d'air : lien direct entre l'écartement des miroirs  $e$  et la différence de marche  $\delta$  (et donc les propriétés spectrales de la source). L'illustrer devant le jury.

###### a) mesure de distance

- usinage de précision : on positionne l'outil à la frange près, donc avec une précision  $\Delta e = \lambda/4$

###### b) spectroscopie

- expérience historique : en 1892, Michelson mesure la raie rouge du cadmium avec le mètre étalon de Sèvres => nouvel étalon de longueur défini par la spectroscopie.

- actuellement :  $I(\delta)$  est lié à la transformée de Fourier de la distribution spectrale de la source. C'est une technique très utilisée pour déterminer la composition chimique (en chimie, en physique de l'atmosphère ou des étoiles).

- mais il y a des limitations :

~ le détecteur, dont il faut corriger l'éventuelle distorsion qu'il introduit (fonction réponse du système, appelée fonction d'appareil)

~ la numérisation du signal (critère de Shanon, résolution spectrale...)

## II) Interféromètre de Fabry-Pérot

### 1) Principe

- même principe que le Michelson en lame d'air, mais interférence d'ondes multiples donc finesse plus grande :  $F = \frac{\pi \sqrt{R}}{1-R}$  (pour un Michelson, F=2)

- utilisation possible en spectroscopie car meilleur résolution spectrale

### 2) Applications

- le filtre interférentiel, où on s'arrange pour qu'un seul pic d'interférences constructive se trouve dans le domaine visible.

- ou la cavité laser, dont la cavité Fabry-Pérot est utilisée pour sélectionner précisément les longueurs d'onde en sortie du système

## III) Interféromètre de Mach-Zehnder

### 1) Principe

- interféromètre à deux ondes plus robuste car ses miroirs sont fixes, mais qui du coup nécessite un dispositif déphasant sur l'une des deux voies.

### 2) Application

- modulateur optique (pour les télécommunications par fibre, cf. TOFFANO)

Ouvertures possibles : le laser (Fabry-Pérot), les interféromètres atomiques (Mach-Zehnder)

## **Questions :**

- De quoi d'autre peut dépendre  $\delta$  ?

il dépend de l'indice optique  $n$ , qui à son tour peut dépendre des conditions expérimentales (T, P) et de la longueur d'onde, ce qui rend la relation de TF un peu plus complexe.

- Quel interférogramme obtient-on avec un doublet ? Avec un spectre rectangulaire ?

Dans le premier cas on obtient des battements, dans le second une intensité modulée par un sinus cardinal.

- Quel est l'intérêt de la spectrométrie à réseau plutôt que par Michelson ?  
Le même qu'avec un Fabry-Pérot, l'interférence à ondes multiples.

- On éclaire un Michelson réglé en lame d'air avec une lumière parallèle et on règle les miroirs pour avoir un déphasage de  $\pi$  entre les deux voies. Que voit-on ? Rien.

### Commentaires :

# Il faut mettre en valeur l'intérêt des interféromètres à division d'amplitude par rapport à ceux à division de front d'onde, notamment sur l'aspect source étendue et localisation des franges (la cohérence spatiale doit être au centre de la leçon).

On considère les interférences au point M.  
Soit  $A_1$  (resp.  $A_2$ ) stigmatiques de M par la voie 1 (resp. 2) de l'interféromètre. Alors :

$$\begin{aligned} \Delta \delta &= \vec{S_0M} - \vec{S_0M} \\ &= (\vec{S_0A_1} - \vec{S_0A_2}) - (\vec{S_0A_1} - \vec{S_0A_2}) \\ &= \vec{S_0} \cdot (\vec{u}_1 - \vec{u}_2) \end{aligned}$$

où  $u_1$  et  $u_2$  sont les directions de  $(S_0A_1)$  et  $(S_0A_2)$ . Or dans un interféromètre à division d'amplitude,  $S_0$ ,  $A_1$  et  $A_2$  sont alignés (exactement pour la configuration lame d'air, au premier ordre pour le coin d'air), ce qui assure une meilleure cohérence

spatiale que pour un interféromètre à division d'amplitude. Mais la contrepartie de cela, les franges d'interférences sont localisées là où les rayons interférant se coupent : à l'infini en lame d'air, près des miroirs en coin d'air.

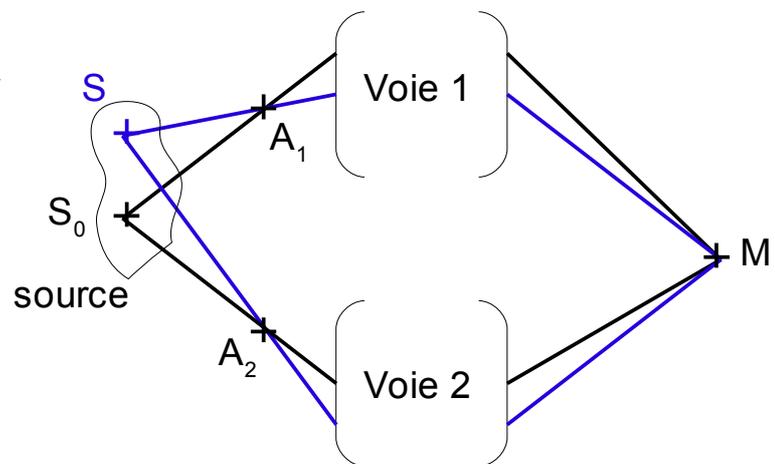
# Il est important d'illustrer cet aspect de localisation avec l'expérience. Pour cela on peut supprimer une application pour gagner un peu de temps. On peut aussi la montrer avec une lame de savon, ou on voit que les interférences ont lieu au niveau de la lame elle-même.

# Le brouillage qui apparaît pour la configuration coin d'air a deux origines : source étendue et cohérence temporelle.

# Une autre expérience possible est la mesure du doublet du sodium en repérant une coïncidence et une anti-coïncidence sur le Michelson.

# Pensez un projecteur sur un dépoli pour que l'expérience soit visuelle.

# Pour tout savoir sur le Michelson, cf le BUP 795.



# Si on prend des coefficients de réflexion et de transmission  $R = T = 0,5$ , ce n'est pas pour avoir des intensités égales en sortie du Michelson (les deux ont une amplitude multipliée par  $RT$ ), mais pour maximiser le produit  $RT$  sachant que  $R^2 + T^2 = 1$ .

# Pour le Fabry-Pérot, il ne faut pas faire les calculs mais juste poser les résultats (quitte à avoir les calculs sur transparents).

# Dans un Fabry-Pérot, les miroirs sont faits de lames prismatiques de façon à éviter les réflexions multiples dans le verre.

# La compensatrice ne sert pas qu'à compenser la différence de marche due à la séparatrice, mais aussi la dispersion de celle-ci !

# Conclusion, il faut faire un choix dans les applications pour pouvoir parler de la cohérence temporelle, de la localisation des franges et de l'intérêt de la division d'amplitude.