

Chap.4 – Activités

Division d'amplitude : interféromètre de Michelson

2. Schémas équivalents du Michelson

2.1 Schémas équivalents : lame d'air, coin d'air

Activité 1 : Construction du schéma équivalent lame d'air

Les deux miroirs sont rigoureusement perpendiculaires.

Montrer que ce réglage est équivalent à une lame d'air d'épaisseur e :

- **construire** la source S' , image de S par la séparatrice
- **construire** l'image M_1' , image du miroir M_1 par la séparatrice

Activité 2 : Construction du schéma équivalent coin d'air

On suppose que les deux miroirs sont approximativement équidistants de la séparatrice.
Il existe un écart angulaire à la perpendicularité, noté α .

Montrer que ce réglage est équivalent à un coin d'air :

- construire la source S' , image de S par la séparatrice
- construire l'image M_1' , image du miroir M_1 par la séparatrice

2.2 Positions des sources ponctuelles secondaires

Activité 3 : Construction des sources secondaires ☆

On commence par le réglage en lame d'air.

- A. Construire les sources secondaires S_1 et S_2 , images respectives de S' par M_1' et M_2 .
- B. Quelle est l'allure des surfaces brillantes dans le champ d'interférences 3D ?
- C. L'écran étant situé à la sortie du Michelson, quelle est l'allure de la figure d'interférences sur l'écran ?
- D. Mêmes questions en coin d'air (rester qualitatif).

3. Lame d'air en source étendue (division d'amplitude)

3.2 Ordre d'interférence $p(M)$ en un point de l'écran

Activité 4 : Calcul de l'ordre d'interférence en lame d'air ☼

On raisonne à partir du schéma équivalent figurant les sources secondaires S_1' et S_2' , chacune construite à partir de S' , l'image d'un point S quelconque de la source primaire étendue. On s'intéresse aux franges localisées à l'infini (donc visibles en source étendue).

- A. Dessiner les RL émis par les sources secondaires et qui sont l'image des RL incidents avec un angle i sur la lame d'air (cf. angle dessiné sur schéma en lame d'air).
- B. Dessiner le point M de l'écran où se croisent ces RL, l'écran étant placé dans le plan focal d'une lentille CV, lentille placée à la sortie du Michelson (position quelconque)
- C. Le chemin optique à travers la lentille de projection n'étant pas calculable, utiliser le principe du retour inverse et le Théorème de Malus pour visualiser la ddm sur le dessin
- D. Déterminer alors géométriquement l'ordre d'interférence en M en fonction de i et de l'épaisseur e de la lame
- E. Que devient ce résultat si l'on n'assimile plus l'air au vide ?

Autre méthode (plus dure) à partir du schéma équivalent en lame d'air :

- F. Refaire le calcul, mais à partir du schéma équivalent en lame d'air (avec S' , M_1' et M_2), en considérant le RL issu de S' et incident sur la lame d'air avec un angle i par rapport à la normale

Activité 5 : Propriétés de la figure d'interférences en lame d'air ⚙

- A. Le point M sur l'écran étant repéré en coordonnées polaires par rapport au centre de l'écran, établir la relation entre sa coordonnée r et l'angle i
- B. En déduire l'expression de l'éclairement en fonction de r . Conclure quant à l'allure des franges sur l'écran.
- C. L'ordre d'interférence est-il plus élevé au centre ou sur les bords de la figure ?
- D. Quand on chariote le miroir M_1 pour atteindre le contact optique, faut-il « faire rentrer » ou « faire sortir » les anneaux ?
- E. En notant p_c l'ordre d'interférence au centre de l'écran ($p_c \in \mathbb{R}$), exprimer le rayon r_1 du 1^{er} anneau visible en fonction de f' , p_c et k l'ordre d'interférence ($k \in \mathbb{N}$) du 1^{er} anneau :

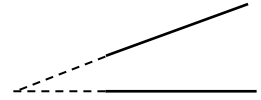
$$r_1^2 = 2f'^2 \left(1 - \frac{k}{p_c} \right)$$

- F. En déduire r_n/r_1 du n^e anneau en fonction de p_c , n et k :

$$\left(\frac{r_n}{r_1} \right)^2 = \frac{n - 1 + p_c - k}{p_c - k}$$

4 Coin d'air en source étendue (division d'amplitude)

4.3 Ordre d'interférence $p(M)$ en un point du plan de localisation (M_2)



Activité 6 : Calcul de l'ordre d'interférence en coin d'air ☆

Pour simplifier cette étape du calcul, il vaut mieux raisonner avec un rayon lumineux issu de S' perpendiculaire à un des miroirs. L'idée clef est que l'on peut assimiler localement le coin d'air à une lame d'air... le coin d'air apparaît comme une lame d'air d'épaisseur variable quand on se déplace le long des miroirs.

En assimilant localement le coin d'air à une lame, **exprimer** l'ordre d'interférence en fonction de l'angle α du coin, et de la distance x du point M à l'arête A du coin.

4.4 Figure d'interférence : « franges d'égale épaisseur »

Activité 7 : Propriétés de la figure d'interférences en coin d'air ☆

- A. Donner l'expression de l'éclairement en fonction de la position du point $M(x, y)$ sur le plan de localisation des franges.
- B. En déduire que les franges sont rectilignes.
- C. Où se trouve l'ordre d'interférence $p = 0$?
- D. Exprimer l'interfrange en fonction de l'angle du coin et de la longueur d'onde

En TP, les franges ne sont pas observées directement dans leur plan de localisation, mais sur un écran sur lequel est projeté l'image des franges, via une lentille convergente.

- E. Comment relier l'interfrange de la figure (image) visualisée sur l'écran et celui de la figure (objet) située dans le plan de localisation (« aux environs du coin d'air ») ?