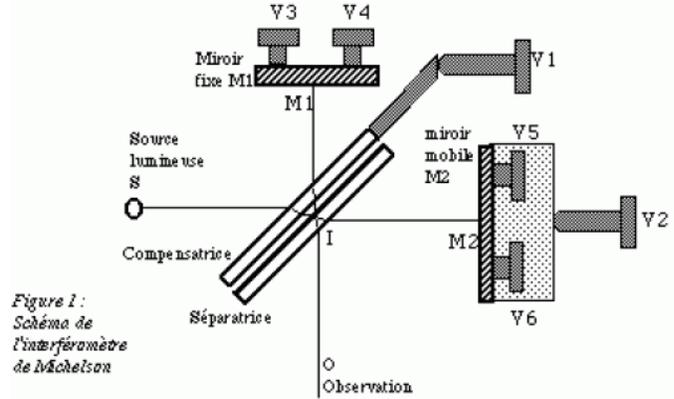


Chapitre 005: interféromètre de Michelson

I. Présentation



L'interféromètre de Michelson est un dispositif interférentiel à deux ondes à division d'amplitude. Il est composé de:

V1 sert à

V2 sert à

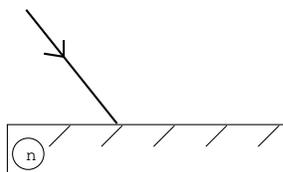
V3 et V4 servent à

V5 et V6 servent à

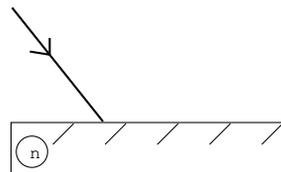
Qu'est-ce que la séparatrice?

La séparatrice est une lame de verre à faces parallèles dont l'une des faces a subi un traitement semi-réfléchissant (cette face a des coefficients de réflexion et de transmission en énergie égaux à 0,5).

En toute rigueur:



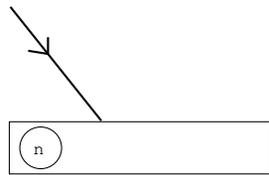
De façon approchée:



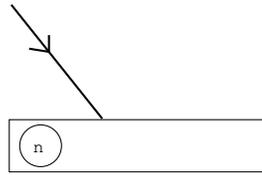
Qu'est-ce que la compensatrice?

La compensatrice est une lame de verre à faces parallèles identique à la séparatrice (même verre et même épaisseur) qui n'a subi aucun traitement semi-réfléchissant.

En toute rigueur:

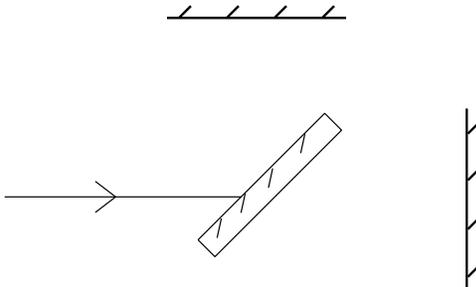


De façon approchée:

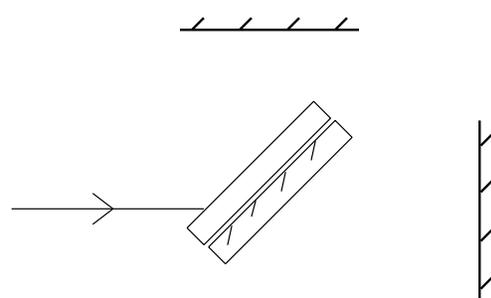


Pour comprendre son rôle, observons le trajet suivi par la lumière en présence et en absence de la compensatrice:

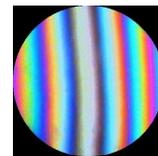
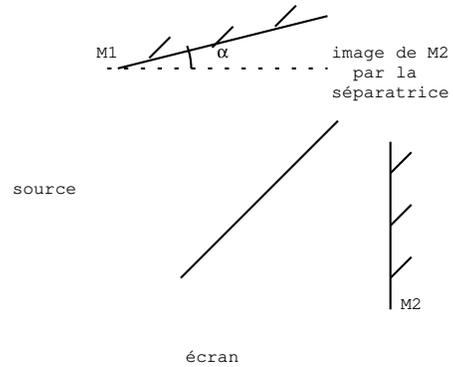
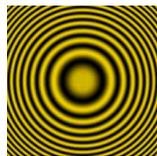
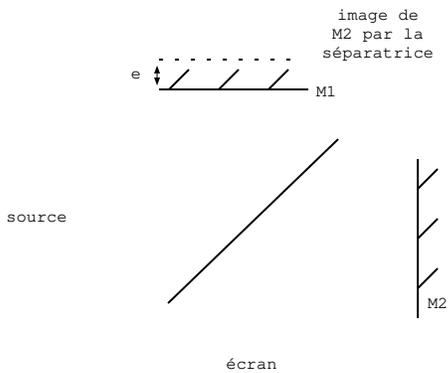
En absence de compensatrice



En présence de compensatrice



Quel type de franges observe-t-on avec un interféromètre de Michelson?



II. Michelson éclairé par une source étendue et réglé en lame d'air

Les miroirs M_1 et M_2 sont perpendiculaires entre eux soit le miroir M_1 et l'image M'_2 du miroir M_2 par la séparatrice sont parallèles et forment une lame d'air d'épaisseur e .

1. Construction des deux rayons qui interfèrent

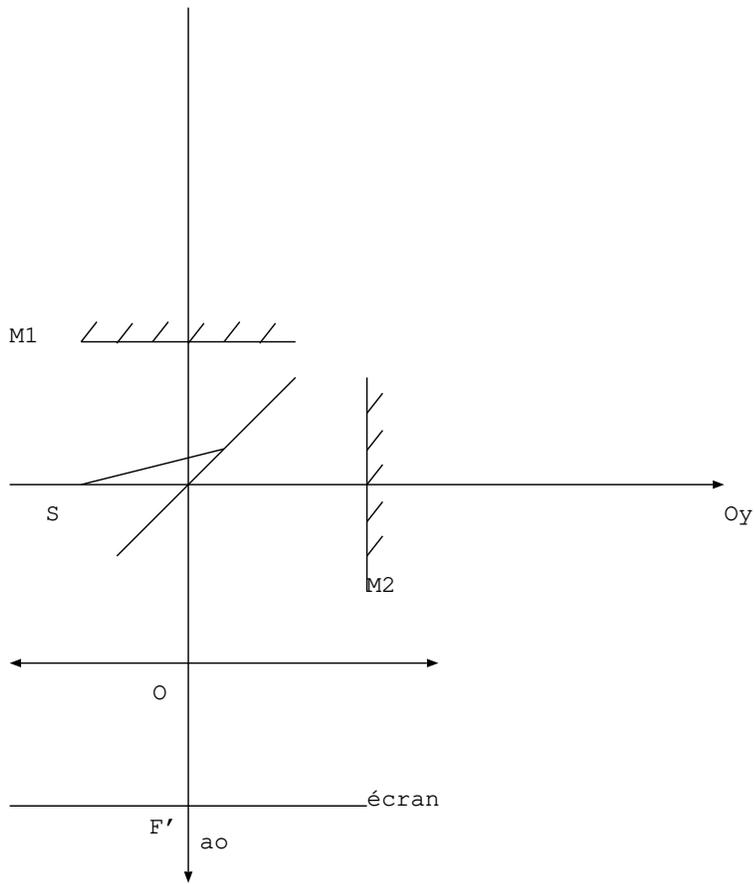


Schéma équivalent avec utilisation des sources secondaires

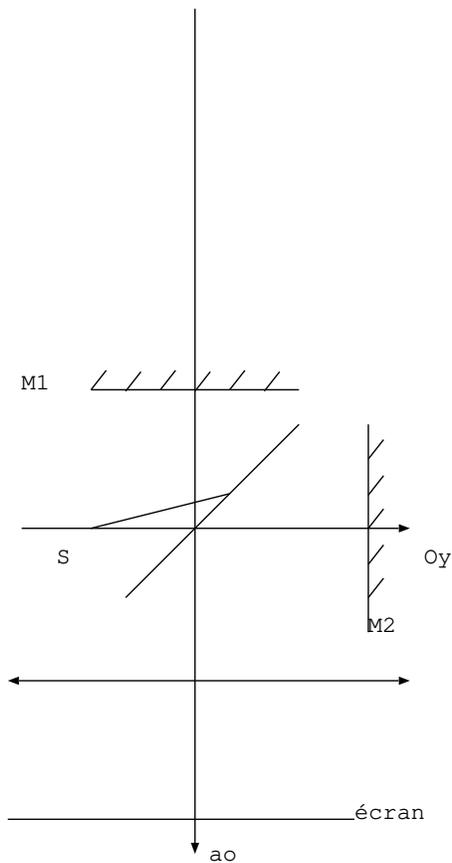
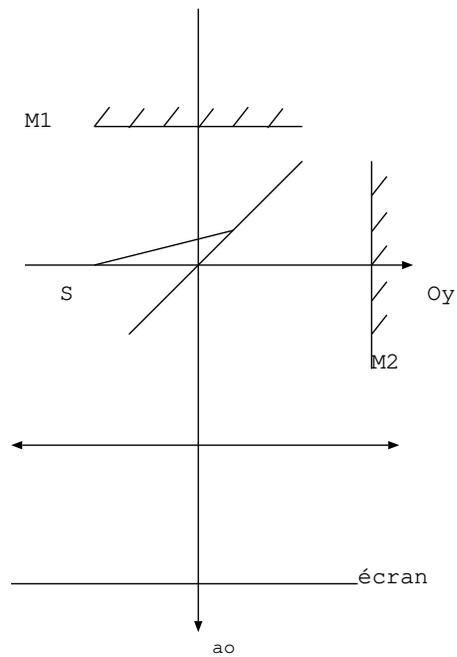


Schéma équivalent sans utilisation des sources secondaires



2. Calcul de la différence de marche

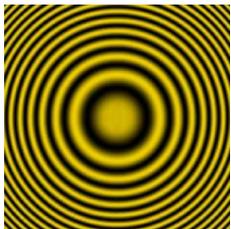
Vérification pour $i = 0$:

3. Ordre d'interférences

Expression de l'ordre d'interférences

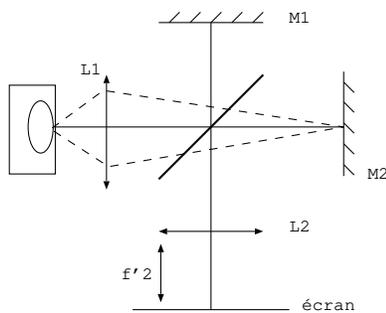
Forme des franges

Variation de p sur la figure d'interférences



AN: $e = 0,74 \text{ mm}$, $\lambda = 589 \text{ nm}$: on trouve
 $p_0 = 1256,4$

4. Montage expérimental



Remarque: la source est étendue donc chaque point de la source donne son propre système de franges, il y a brouillage partout excepté loin du Michelson, on dit que les franges sont

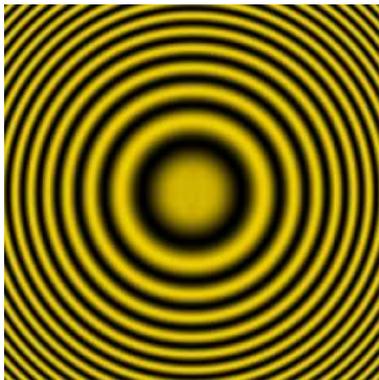
Exemples d'application

Exemple 1 : Calculer l'ordre d'interférences au centre de l'écran et calculer r_4 , le rayon du 4^{ieme} anneau brillant. Données : épaisseur de la lame d'air $e = 0,80 \text{ mm}$, $\lambda = 632 \text{ nm}$ et $f' = 50 \text{ cm}$.

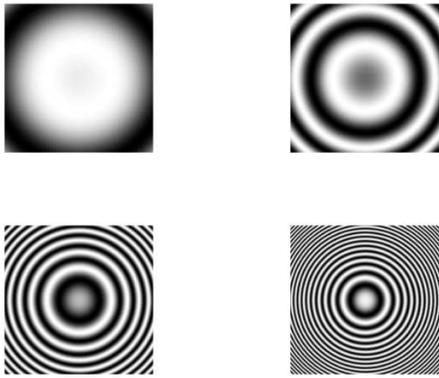
Exemple 2 : Un interféromètre de Michelson est réglé en lame d'air d'épaisseur e . Il est éclairé par une source étendue de longueur d'onde $\lambda = 579 \text{ nm}$. On utilise dans le montage deux lentilles convergentes de focale $f'_a = 50 \text{ cm}$ et de focale $f'_b = 10 \text{ cm}$. A quoi servent ces lentilles? où faut-il les placer? Calculer l'épaisseur de la lame d'air e sachant que l'ordre d'interférence du cinquième anneau brillant est de 1513 et que l'éclairement au centre de l'écran est nul.

Exemple 3 : On considère un Michelson réglé en lame d'air d'épaisseur $e = 100 \text{ }\mu\text{m}$. La source lumineuse ($\lambda_0 = 550 \text{ nm}$) éclaire l'interféromètre avec un angle d'ouverture maximale $\theta_{max} = 10^0$ (soit 10^0 de part et d'autre de l'axe optique) . Calculer le nombre N de franges brillantes que l'on peut observer.

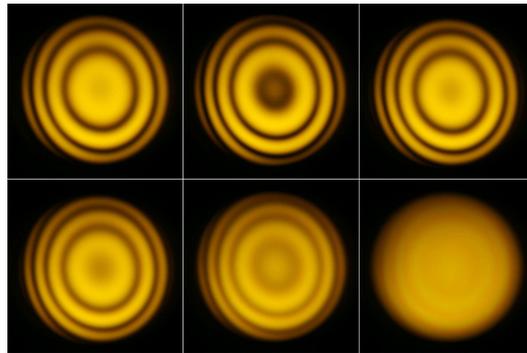
Exemple 4 : mesurer sur la photo les rayons du premier et du cinquième anneaux brillants. En déduire l'épaisseur de la lame d'air. Données : $\lambda = 632 \text{ nm}$ et $f' = 60 \text{ cm}$.



5. Utile pour les TP : qu'observe-t-on en lumière monochromatique lorsque e varie?



6. Utile pour le TP : qu'observe-t-on lorsque le Michelson est éclairé par le doublet du sodium?



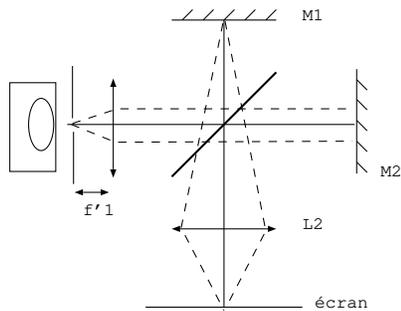
Exemple : On éclaire l'interféromètre, en configuration lame d'air, par une lampe à vapeur de sodium. On observe alors deux annulations successives du contraste pour les valeurs suivantes, correspondant au repérage du miroir mobile : $e_1 = 13,24 \text{ mm}$ et $e_2 = 13,52 \text{ mm}$. En déduire la valeur expérimentale $\Delta\lambda$ de l'écart en longueur d'onde du doublet jaune.

Donnée : longueur d'onde moyenne : $\lambda = 589,3 \text{ nm}$.

III. Interféromètre de Michelson réglé en coin d'air

Le miroir M_1 et l'image M_2' du miroir M_2 par la séparatrice font un angle α **petit** entre eux.

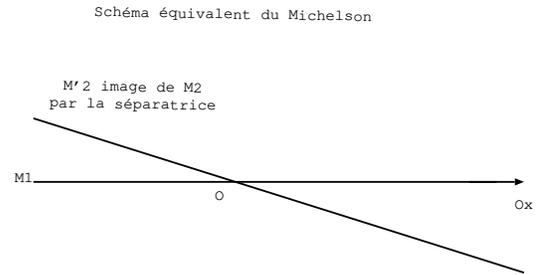
1. Montage expérimental



Remarque: la source est étendue donc chaque point de la source donne son propre système de franges, il y a brouillage partout excepté au voisinage des miroirs, on dit que les franges sont

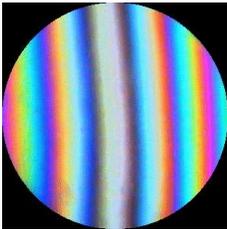
Lien entre ce que l'on voit sur les miroirs et ce que l'on voit sur l'écran:

2. Différence de marche et interfrange pour des rayons en incidence normale sur les miroirs



AN: calculer α pour $i = 1 \text{ mm}$ et $\lambda = 500 \text{ nm}$

3. Qu'observe-t-on en lumière blanche?



4. Exercices d'application

On rappelle que $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ et $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$.

Exercice 1 : Un Michelson est réglé en coin d'air avec $\alpha = 20''$ d'arc. Les miroirs plans ont pour diamètre $d = 2 \text{ cm}$. On place à 35 cm de M_1 une lentille convergente de focale image 30 cm . La source monochromatique a pour longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$.

Déterminer la distance entre M_1 et l'écran. Calculer l'interfrange sur M_1 et l'interfrange sur l'écran. Combien de franges peut-on observer?

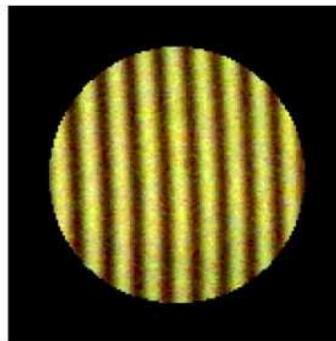
Réponses : sur le miroir $i = 2,58 \text{ mm}$ sur l'écran $i_e = 1,55 \text{ cm}$

Exercice 2 : On observe des franges rectilignes avec un interféromètre de Michelson. On utilise une lentille de focale image $f' = 20 \text{ cm}$ qui donne un grandissement de -4 . Où faut-il placer l'écran pour observer les franges? On mesure un interfrange $i_e = 1 \text{ mm}$ sur l'écran pour $\lambda = 589 \text{ nm}$. En déduire α en rad et en minute d'angle. On introduit une lame de verre d'épaisseur e et d'indice $n = 1,5$ devant et parallèlement au miroir M_1 . On observe un déplacement de 25 franges. En déduire l'épaisseur de la lame.

Réponses : distance miroir écran $1,25 \text{ m}$, $\alpha = 1,18.10^{-3} \text{ rad}$, $e = 14,7 \mu\text{m}$

Exercice 3: Le Michelson est éclairé par une source de longueur d'onde $\lambda = 589 \text{ nm}$. On projette la figure d'interférences à l'aide d'une lentille de focale image $f' = 40 \text{ cm}$ sur un écran placé à la distance $D = 2 \text{ m}$ de M_1 . On donne la photo de l'écran. Calculer la valeur de α , angle du coin d'air.

Aide: on peut poser $\overline{AO} = x$ (distance entre M_1 et la lentille) et montrer que x vérifie l'équation $x^2 - Dx + Df' = 0$. On en déduit x puis le grandissement de la lentille.



Réponses: $x = 0,6 \text{ m}$ et $\alpha = 1,77.10^{-4} \text{ rad}$