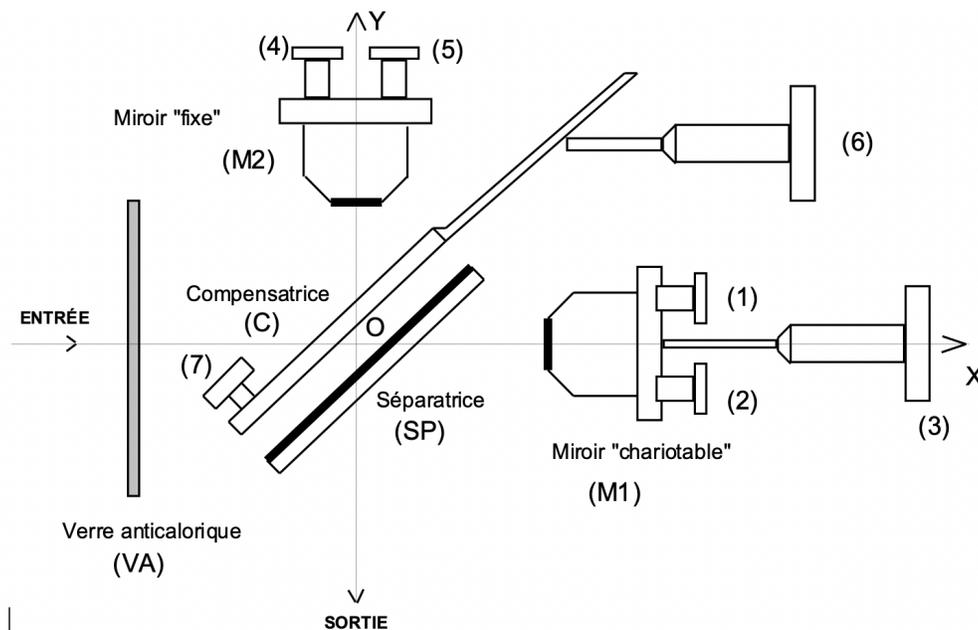


Interféromètre de Michelson

Dans ce chapitre, on va étudier **un** interféromètre à **division d'amplitude** : l'interféromètre de Michelson.

L'interféromètre de Michelson est constitué de :

- ▷ Deux miroirs \mathcal{M}_1 et \mathcal{M}_2 à peu près perpendiculaires l'un par rapport à l'autre ;
- ▷ Une lame semi réfléchissante appelée séparatrice (SP) faisant un angle d'environ 45° avec les deux miroirs ;
- ▷ Une lame appelées compensatrice (C) ;
- ▷ Deux vis de rotation rapide et deux vis de rotation lente qui permettent de modifier l'angle entre les deux miroirs ;
- ▷ Une vis de chariotage qui permet de translater le miroir ;
- ▷ Deux vis de réglage en rotation de la compensatrice.



Généralement, on en fait un schéma simplifié :

Dans tout le chapitre, on manipulera deux grandeurs qui caractérisent l'état dans lequel on étudie l'interféromètre :

- ▷ La différence de distance entre la séparatrice et chaque miroir est notée e : $e = PO_2 - PO_1$
- ▷ L'angle entre le miroir fixe et l'image du miroir chariotable par la séparatrice est noté α

Remarque ⚠

Attention, on va le montrer, mais e n'est pas la différence de marche des rayons !

On étudiera le Michelson dans 2 configurations :

- ▷ $e \neq 0$ et $\alpha = 0$ appelée « configuration lame d'air »
- ▷ $e \simeq 0$ et $\alpha \neq 0$ appelée « configuration coin d'air »

Définition (Contact optique)

I - Configuration de la lame d'air

I.A - Schéma équivalent

Définition (Schéma équivalent)

On appelle schéma équivalent un schéma donnant la même différence de marche que le schéma réel.

En général, il suffit de représenter les images des sources primaires ou secondaires et des éléments optiques par certains systèmes optiques stigmatiques.

Rappel - image par un miroir

Méthode - Construire le schéma équivalent pour un interféromètre de Michelson

Remarque

Pour rappel, dans un interféromètre à division d'amplitude, les rayons qui interfèrent sont ceux issus d'un même rayon initial.

On remarque alors que les rayons qui interfèrent sortent parallèles entre eux.

I.B - Différence de marche à l'infini

Différence de marche en lame d'air à l'infini

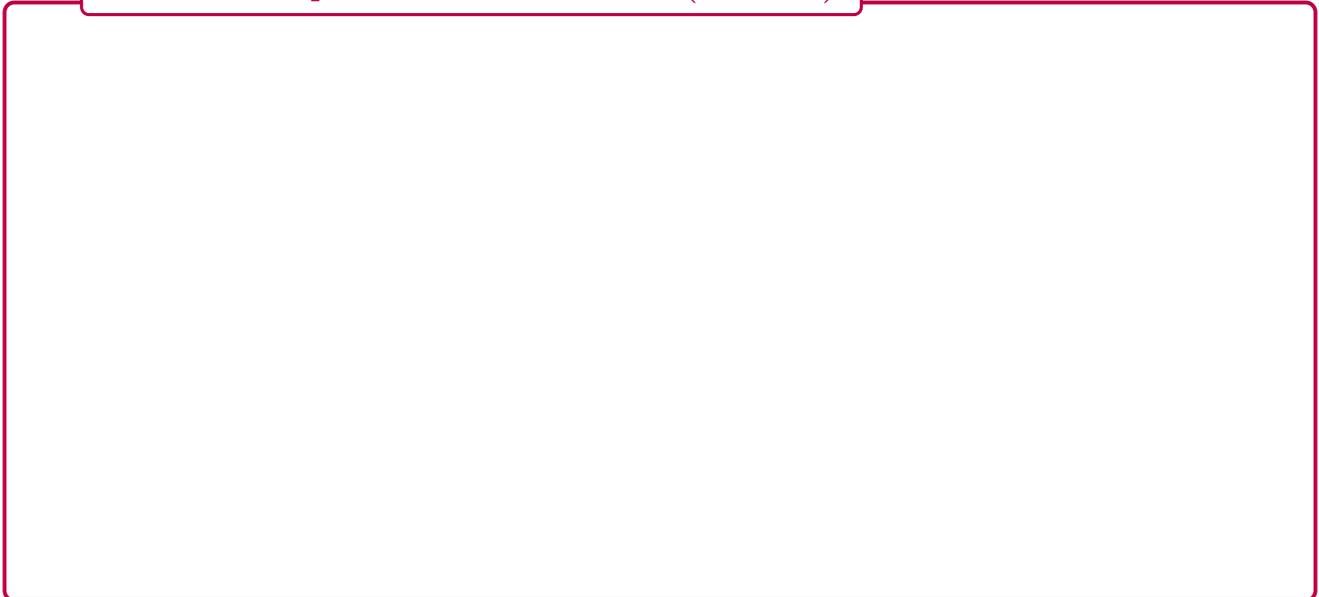
Démonstration

On peut aussi choisir l'autre schéma équivalent pour retrouver la différence de marche (plus rapide mais attention à ne pas se tromper sur le schéma équivalent !)

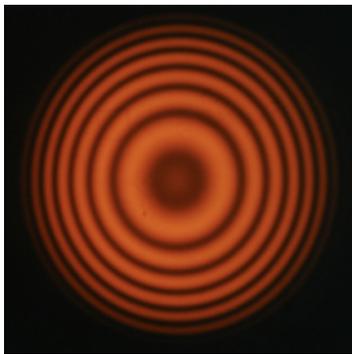
Démonstration

I.C - Figure d'interférences

Conditions optimales d'observation (admises)



Allure de la figure d'interférences



En lame d'air, la figure d'interférences est un ensemble d'anneaux circulaires concentriques.

On les repère par l'angle i des rayons parallèles qui convergent ensuite par la lentille au point M , ce qui explique leur appellation d'« anneaux d'égale inclinaison ».

ci-contre, figure d'interférences pour un Michelson réglé en lame d'air et éclairé par un LASER HeNe

Démonstration



Répartition des anneaux en fonction de l'ordre d'interférence



Démonstration

Evolution des anneaux avec l'épaisseur de la lame d'air ***

cf simulation

Démonstration



Application - Rayon des anneaux

Exprimer le rayon R de l'anneau correspondant à un ordre d'interférence égal à p .
Peut-on définir un interfrange ?

I.D - Utilisation possible : résolution spectrale d'un doublet

cf TD ex1 et TP Michelson 2

II - Configuration du coin d'air

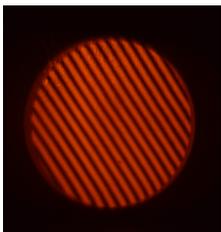
II.A - Schéma équivalent et différence de marche

Différence de marche en coin d'air

II.B - Figure d'interférences

Conditions optimales d'observation (admises)

Allure de la figure d'interférences



La figure d'interférences est un ensemble de franges rectilignes ($x = cste$)

ci-contre, figure d'interférences pour un Michelson réglé en coin d'air et éclairé par un LASER HeNe

II.C - Interprétation de la figure d'interférence en lumière blanche

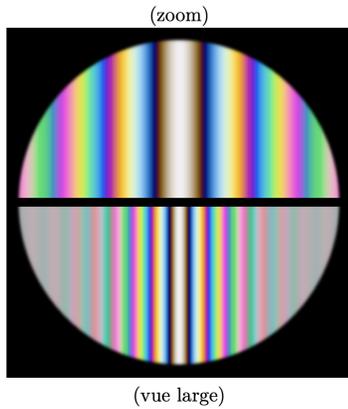
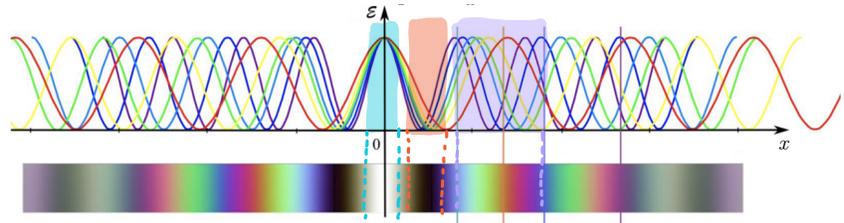


Figure d'interférences pour un Michelson réglé en coin d'air et éclairé par une lumière blanche



Superposition des éclaircissements E_λ issus de quelques longueurs d'onde λ

On constate :

- * au centre : $\alpha = 0$ donc $\forall \lambda, p = 0 \Rightarrow$ interférences constructives pour toutes les longueurs d'onde
"blanc brillant"
- * immédiatement autour : $\alpha \neq 0$ donc p prend des valeurs différentes pour chaque λ .
On voit que proche de $\alpha = 0$, toutes les longueurs d'onde interfèrent destructivement avec elles-mêmes \Rightarrow noir
- * en s'éloignant : les interférences étant différentes pour chaque longueur d'onde, pour chaque α , il y a des λ en interf. destructives et d'autres en interférences constructives.
 \Rightarrow on voit des raies de couleurs.
- * plus loin : le brouillage augmente car les recombinaisons de couleurs en interf. constructives ne donnent pas de couleur blanche.
- * encore plus loin : l'œil n'arrive plus à distinguer les longueurs d'onde éteintes par interf. dest.
 \Rightarrow on voit presque toutes les couleurs avec blanc
Mais certaines λ sont absentes \Rightarrow on parle de blanc d'onde supérieure
le spectre est dit cannelé