

Titre : Mesures interférométriques

Présentée par : Thomas Gauthier

Rapport écrit par : Jawed DAMAK

Correcteur : Clément Sayrin

Date : 28/04/2021

Bibliographie		
Titre	Auteurs	Éditeur
Perez d'optique		

Plan détaillé

(indiquer parties, sous-parties, 1 ou 2 phrases d'explications par sous-partie, et références)

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis : Optique ondulatoire, différence de marche, coefficients de réflexion/transmission

Introduction : Définition d'interférométrie : Famille de techniques qui permettent d'obtenir des informations en faisant interférer des ondes.

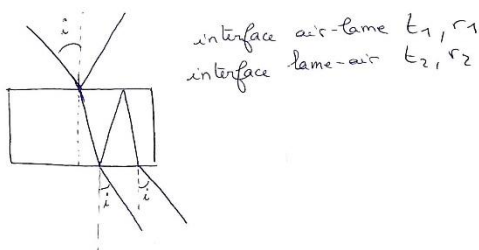
Puis explication rapide de l'expérience de Michelson et Morley.

I. Mesure de l'indice d'une lame

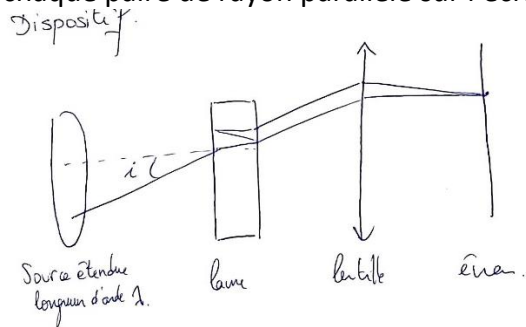
1) Influence d'une lame sur une onde

Donner les valeurs des coeff r_1 , r_2 et t_1 , t_2 de réflexion et de transmission entre l'air et la lame puis entre la lame et l'air. Les valeurs montrent que seuls les 2 premiers rayons (issus de la réfraction et de la réflexion à l'intérieur de la lame) vont interférer, car l'intensité des autres devient négligeable du fait que les coefficients se multiplient.

2) Description du dispositif



Source étendue spatialement, de longueur d'onde λ . On met la lame puis une lentille qui va focaliser chaque paire de rayon parallèle sur l'écran pour observer la figure d'interférences.



3) Calcul de l'indice de la lame

Ref : Perez d'optique, partie sur les anneaux d'Haidinger

II. Spectroscopie

1) Description du Fabry Perot

Expression de la différence de marche et du déphasage.

$$\delta = 2e \cos(i)$$
$$\frac{\varphi}{2} = \frac{e \cos(i) 2\pi}{\lambda}$$

2) Calcul de l'intensité

L'amplitude complexe totale est la somme des amplitudes complexes des rayons sortant du Fabry-Perot à chaque étape de réflexions/transmissions.

$I = |\psi_{tot}|^2$ puis expression de I cf cours de Clément Sayrin.

Puis pouvoir de résolution et finesse du Fabry perot

III. Détection d'ondes gravitationnelles

Explications des expériences de Virgo et Ligo, les interféromètres qui ont permis la détection d'ondes gravitationnelles.

Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

(l'étudiant liste les questions posées, ainsi que les réponses données par l'enseignant. Si certaines réponses manquent, l'enseignant pourra compléter le document)

1) L'expérience de Michelson et Morley est la première expérience d'interférométrie ?

Non, il y a l'expérience des fentes d'Young qui est plus vieille

2) C'est quoi l'éther, pourquoi l'expérience remet en cause son existence ?

C'est le milieu dans lequel la lumière se propage d'après les physiciens de l'époque.

L'expérience remet en cause son existence car s'il existait, il aurait dû exister une différence de vitesse de la lumière dans les 2 bras du Michelson, ce qui ne fut pas le cas.

3) Dans les prérequis vous avez mis : Interférences, mais vous mentionnez directement le Michelson dans l'intro, c'était connu ?

4) Dans la mesure de l'indice vous avez donné une relation entre r_1 , t_1 et les indices de l'air et du milieu : $n_0 r_1^2 + n t_1^2 = n_0$ ça vient d'où ?

De la conservation de l'énergie, si on écrit t_1 et r_1 en fonction des indices, on voit que cette relation est vraie.

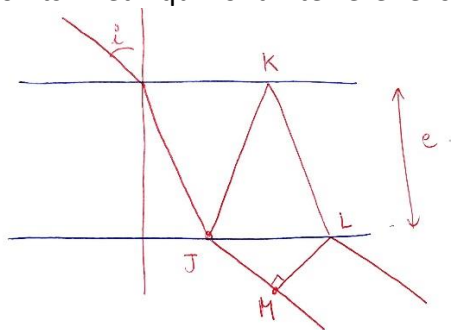
5) Vous avez écrit $t_1 = 1.2$, c'est normal ? Et pourquoi c'est surprenant ?

Non c'est une erreur, si $t > 1$ ça signifie qu'on transmet + de lumière qu'il n'y en avait initialement ce n'est pas possible.

6) Dans votre animation les anneaux étaient bien contrastés, avec vos valeurs on aurait eu ça ?

Non, car les intensités des 2 rayons qui interfèrent ne sont pas les mêmes donc I_{\min} n'est pas égal à 0.

7) Quand vous calculez la différence de marche, avec les points J, K, L et M, pourquoi c'est les points M et L qui vont interférer ensemble ?



On considère que l'onde est plane donc M et L appartiennent au même plan d'onde, donc ils vont interférer.

8) Avec la lentille, ce ne sont plus des ondes planes, est-ce que l'argument tient toujours ?

Sans la lentille les deux ondes vont interférer à l'infini, la lentille ne sert qu'à voir le plan dans lequel les rayons interfèrent au niveau du plan focal image de la lentille.

9) Les industriels ils font comme ça pour mesurer un indice d'une lame ?

10) C'est quoi les conditions pour obtenir des interférences ?

Cohérence spatiale, polarisation des rayons non perpendiculaires et il faut que les rayons soient cohérents temporellement, c'est-à-dire $\delta < l_c$ avec l_c la longueur de cohérence de l'onde. l_c est donné par la largeur du profil spectral de la source. Dans le modèle des trains d'onde, l_c correspond à la longueur d'un train d'onde.

11) Et la largeur spatiale ?

Si la largeur de la source augmente, le contraste diminue

12) C'est toujours vrai ? Vous connaissez des dispositifs pour lesquels ce n'est pas le cas ?

Pour les fentes d'Young c'est vrai, pour le Michelson en lame d'air il faut une source étendue.

13) Pourquoi la mesure par interférences comme ça est plus puissante qu'une simple mesure de coefficients de réflexion ?

14) Fabry Perot, vous avez noté $\phi/2$ et pas ϕ , pourquoi ?

C'est plus simple pour les calculs

15) L'intensité était maximale quand $\phi=2n\pi$ et min quand c'est égal à $(2n+1)\pi$

C'est les conditions pour avoir des interférences constructives et destructives

16) Finesse, c'est quoi $\Delta\phi$ et $\delta\phi$? et $\Delta\lambda$ et $\delta\lambda$?

Dessiner le profil d'intensité en fonction de ϕ et λ et indiquer dessus.

17) Donner un peu plus de détails sur la résolution, c'est quoi l'ordre d'interférences ?

18) Sur les AN en fonction de R, vous simplifiez la valeur de I en disant $T=R$, c'était réaliste ?

Qu'est-ce que ça implique ?

Que $R=T=0.5$, or j'ai montré la courbe pour différentes valeurs de R, ce n'était pas réaliste.

19) Vous donnez des applications numériques de R, et vous en déduisez $\Delta\lambda$, comment vous faites ? Vous avez besoin de p, vous connaissez sa valeur ?

$p=2\epsilon\cos(i)/\lambda$ donc p est de l'ordre de $10^{-2}/10^{-7}=10^{-5}$

20) La spectro avec fabry perot, ça ressemble aux calculs avec la lame mince, pourquoi faire avec et pas la lame mince du coup ?

Avec le FP, on a un pouvoir de résolution plus grand, grâce aux très grands coeff de réflexion des miroirs

21) Qu'est-ce qu'une onde gravitationnelle ?

Déformation de l'espace-temps qui se propage dans l'espace-temps.

22) A quelle vitesse elles se propagent ?

A la vitesse de la lumière

Commentaires lors de la correction de la leçon

(l'étudiant note les commentaires relatifs au contenu de la leçon : niveau, sujets abordés, enchaînement, réponses aux questions, etc. **L'enseignant** relit, et rectifie si besoin)

Ça aurait été mieux de faire moins de calculs et de présenter plus de physique. Aussi, il aurait été plus judicieux de choisir une application qui est vraiment appliquée car une mesure d'indice de lame ne se fait pas comme ça car les intensités des rayons sortant diffèrent et donc le contraste n'est pas très bon.

Faire un éventuel rappel rapide sur les interférences, (Formule de Fresnel, conditions d'interférences) mais pas passer toute la leçon dessus.

Pas besoin de passer beaucoup de temps sur le fait que l'intensité des rayons après plusieurs réflexions devient négligeable.

L'utilisation de l'animation est bien, essayer de l'utiliser un peu plus.

La finesse et le pouvoir de résolution c'est important. (Cf debrief de la vidéo j'ai pas tout compris)

Partie réservée au correcteur

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.) :

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates :

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur) :

Bibliographie conseillée :