

MP26 MESURES DE LONGUEUR

31 mars 2020

MONNET Benjamin &

Niveau : L3

Commentaires du jury

Bibliographie

↗ Jolidon

↗ *Optique*, Duffait

→ Télémétrie acoustique

→ Michelson

Prérequis

➤

Expériences

☞ Télémétrie acoustique

☞ Mesure de l'épaisseur d'une lame avec un Michelson

☞ Diffraction des électrons sur un réseau de graphite

Table des matières

1	Mesures macroscopiques : télémétrie acoustique	2
2	Mesure de l'épaisseur d'une lame mince	2
3	Mesure picométrique	3

Introduction

"Le mètre, symbole m, est l'unité de longueur du SI. Il est défini en prenant la valeur numérique fixée de la vitesse de la lumière dans le vide, c , égale à 299 792 458 lorsqu'elle est exprimée en m s^{-1} "

1 Mesures macroscopiques : télémétrie acoustique



Télémétrie acoustique

↗ Jolidon



- On positionne émetteur et récepteur côté à côté et on relie les deux à un oscillo
- On alimente l'émetteur avec un GBF à la fréquence de résonance de nos appareils
- On mesure de retard Δt pour différentes distances afin d'avoir une courbe étalon
- On fait on mesure à une distance inconnue que l'on détermine à l'aide de l'étalon

- Le fonctionnement des transducteurs ultrasonores est tel qu'il faut repérer le début de l'augmentation d'amplitude et pas le maximum. Il s'agit à priori d'un cristal de quartz produisant les ondes acoustiques. On exploite ensuite l'effet piézoélectrique pour commander ou lire la réponse du transducteur. Néanmoins, le quartz ayant une résonance aiguë, le gésime transitoire a une durée non négligeable à l'échelle qui nous intéresse. Il faut donc repérer le début du transitoire et non pas sa fin. Un argument auquel vous pourriez penser est qu'en repérant les maxima, vous mesurez la vitesse de groupe, mais il se trouve que la dispersion des ultrasons dans l'air est très faible et ne joue pas sur la forme des signaux (cf Jolidon p519). En fait, il vaut mieux regarder quelque chose comme le $\text{max}/2$ (si les signaux sont superposables).
- Il peut y avoir un offset dans cet expérience. Cela vient du temps de réponse des piézoélectriques, que l'on ne connaît pas (détails à la fin du Duffati de CAPES)
- On observe aussi un étalement du paquet d'onde. Ça ne vient pas de la dispersion de l'air car d'Alembert décrit très bien les ultrasons!
- On peut faire ça avec de la télémétrie laser pour déterminer la distance Terre-Lune par exemple.

Pour ce qui est des incertitudes, on mesure avec un mètre ruban les distances donc les incertitudes à 95 % sont $u(d) = \frac{2\Delta d}{\sqrt{6}}$ avec $\Delta d = 1\text{mm}$.

Comparaison avec télémètre commerciale ou avec mètre ruban ?

2 Mesure de l'épaisseur d'une lame mince



Avec un Palmer

↗



On mesure la lame avec un Palmer.



A l'aide du vernier d'un Michelson

↗ Duffait p88



On se met en coin d'air puis on cherche le contact optique afin de voir la frange centrale en lumière blanche.

On place la lame dans un des bras : perte du contact optique.

On chariotte à l'aide du vernier (bien noter la position du contact optique!) pour remettre la frange centrale là où elle était. On mesure sur le vernier $\Delta e = 2(n-1)e_L$, ce qui permet de déduire e_L

Par spectrométrie

☞ nulle part



- On règle le Michelson en l'axe d'air au contact optique
- On ajoute la lame sur un des bras et on observe au spectromètre le blanc d'ordre supérieur.
- On place le spectrophotomètre dans le plan d'observation de telle sorte à observer le blanc d'ordre supérieur. On observe donc un spectre cannelé.

Remarque : il peut être sympa de faire apparaitre à la fois les franges au laser et à la lumière blanche. Pour ça on peut mettre la lame sur la moitié de ce que l'on observe. Comme ça, le chemin optique ne change que pour une partie de l'image que l'on regarde. Dans ce cas, bien mettre la fibre du spectro dans la partie avec le blanc d'ordre supérieur.

Les annulations du spectre vérifient :

$$\lambda(p + \frac{1}{2}) = 2e(n - 1)$$

Donc :

$$e = \frac{\Delta p}{2(n - 1)} \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

On compare les trois mesures et leur incertitude.

3 Mesure picométrique

Afin que cette expérience soit réalisable, il faut vérifier $\lambda \ll$ distance entre atomes $\approx 100pm$. Avec $U = 10kV$, $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e eU}} = 12pm$, on vérifie bien cette condition. Le faisceau d'électron provenant d'un filament chaud est dirigé sur de la poudre de graphite. L'observation se fait sur un écran fluorescent : les électrons excitent des molécules qui réémettent un rayonnement visible.

Diffraction des électrons sur un réseau de graphite

☞



BIEN LIRE LA NOTICE

On a $\lambda = 2d \sin(\theta) \approx \frac{dD}{2L}$ avec D le diamètre des anneaux. Ensuite, avec $\lambda = \frac{h}{p}$ et $eU = \frac{p^2}{2m}$, on trouve :

$$\frac{1}{D} = d \frac{\sqrt{2meU}}{2hL}$$

On voit deux cercles : c'est parce qu'il y a deux plans différents de diffraction.

Questions

-

Remarques

- Pour le contact optique, essayer de bien régler la symétrie de la figure en passant en anneau (permet de bien régler la compensatrice et la séparatrice). C'est pas très très grave que ce soit pas super symétrique.
- La formule pour le blanc d'ordre supérieur suppose qu'on est parfaitement au contact optique avant de mettre la lame!

- Il est possible que le résultat dépende de l'endroit où on regarde avec le spectro vu qu'on est à la précision de la longueur d'onde. Mais ça met en avant la précision de la mesure.
- Un spectromètre c'est un détecteur qui te fait la photo de la lumière et donne un spectre. Un spectrophotomètre va simultanément mesurer la quantité de lumière avec un filtre devant donc dans une région de longueur d'onde.
- Insister sur les références RELATIVES dans la première manip.