MP 10 – Spectrométrie Optique

31 mai 2021

Clément Gidel & Pascal Wang

Niveau :

Commentaires du jury

Bibliographie

✦ *Le nom du livre, l'auteur*¹

→ Expliciter si besoin l'intérêt du livre dans la leçon et pour quelles parties il est utile.

Prérequis

➤ prérequis

Expériences

☞ Biréfringence du quartz

Table des matières

Introduction

Conclusion

Ouverture :

Plan : Clément

Intro : Donner le PVD en manip d'intro qualitative c'est bien, parler vite fait de Newton comme le 1er à mettre en évidence différentes longueurs d'ondes dans le spectre du soleil. Le fil conducteur peut être de donner des utilisations où on connaît les caractéristiques de nos instruments afin d'en déduire les caractéristiques de la source et des utilisations où on fait l'inverse. On peut prendre le pouvoir de résolution comme fil rouge et dire qu'on va de plus en plus puissant comme PR.

I) Propriétés spectrales d'une source. 1) La manip un peu sale du Michelson où on compte le nombre de franges quand on chariote avec une lampe au sodium est pas si mal, il faut insister sur le caractère purement pédagogique et qu'on est pas précis, c'est une mesure **géométrique**. Une alternative est de faire la mesure du minimum de déviation pour la longueur d'onde du sodium sans étalonnage donc on fait simplement la mesure de l'angle min de déviation pour en déduire la longueur d'onde moyenne.

Pour le gonio, utiliser le P11.60 pour caller le réseau

2) Faire le doublet du sodium au Michelson est une bonne idée. Penser à tracer l'interferogramme $I(\delta)$ pour être davantage clair sur le tableau. C'est aussi l'occasion de faire une droite de régression (position des brouillages en fonctions de leur "ordre").

3) Cavité Fabry Perot pour le laser c'est une bonne idée car on peut dire qu'on va encore plus loin dans le pouvoir de résolution ! Bien préciser qu'on est à N ondes, montrer la diff expérimentalement avec le Michelson. **Faire la manip en avance pour que le laser se stabilise. Il faut aussi bien aligner et coller le laser à la tête d'analyse. De plus, il faut pas oublier de brancher la sortie de la tête au cul du commandeur et mettre la sortie du cul à l'oscillo. Attention, l'écart entre deux grands ou petits pics c'est FSR et l'écart petit grand c'est l'écart entre deux modes mais l'idée c'est que les petits sont pas forcément au milieu de deux gros, dans notre cas c'est une coïncidence.**

II) Spectre comme outil. Spectre cannelé de biréfringence. La constante de Rydberg est optionnelle selon moi, si on fait bien le spectre on boucle tout ça et hop.

A faire : Manip du spectre cannelé avec le quartz. Manip avec le gonio pour le min de déviation.

Passage

Plan

Prérequis Applications concrètes de méthodes optiques.

I) Mesure du pas d'un réseau. Intérêt pour vérifier la fabrication d'un réseau. Minimum de déviation de l'ordre 1. Lampe Mercure-Cadmium.

Attention à ne pas confondre les raies qui sont plus lumineuses avec celles qui le sont moins.

II) Mesure de biréfringence du quartz. lame à faces parallèles. On trouve les axes neutres. On se met alors à 45 degrés pour maximiser le contraste. Spectre cannelé. EN live : faire l'image de la fente sur l'écran. Mettre polariseur et analyseur et observer l'extinction. Mettre la lame à face parallèle qu'on tourne et observe.

On pourrait relever beaucoup d'extinctions pour faire une régression linéaire mais par concision on fait la mesure entre une dizaine de minima et on divise.

III) Mesure du doublet du sodium. Régression linéaire ou juste compter. Charioter en s'éloignant du contact optique.

Questions

Passer en coin d'air et expliquer comment mesurer l'indice d'un gaz. Attention, mettre une lentille pour observer les franges localisées au niveau des miroirs. On voit un crochet.

Dans le goniomètre : un collimateur (fente+lentille) pour faire un faisceau parallèle. Une lunette afocale : 1 objectif et 1 oculaire. Réticule pour fixer l'accommodation de l'oeil.

Pourquoi mesurer au minimum de déviation ? Et pas mesurer l'ordre -p et p.

Importance d'éclairer beaucoup de traits pour séparer les raies.

Pourquoi utiliser un goniomètre ?

Sur Regressi : intervalle de confiance à 95 pourcent. Cohérent avec l'évaluation des incertitudes.

Pourquoi avoir choisi une lame à faces parallèles et pas perpendiculaire ? Sinon pas de différence de marche pour des rayons incidents parallèles.

Comment savoir quel est l'axe ordinaire, l'axe extraordinaire ? Il faut arriver en incidence non normale et regarder le rayon le plus ? moins ? dévié.

Un miroir elliptique a deux foyer. Un miroir parabolique : on envoie un des foyers à l'infini.

Dans le spectromètre, on utilise des miroirs paraboliques au lieu de lentilles pour réduire l'encombrement.

Pourquoi ne pas avoir utilisé le doublet du mercure ? Les intensités sont plus fortes, il faut moins chariotier entre deux anticoincidence et les raies ont la même intensité : du coup il faut moins chariotier. Inconvénient : il faut filtrer les autres raies, avec un filtre centré sur le doublet.

Comment faire une mesure de spectroscopie par Transformée de Fourier sans chariotier ? Avec une lumière blanche en entrée.

Applications de spectrométrie optique ? Ligo, Virgo. Etirement et compression de paquets d'ondes avec des réseaux face à face.

Résolution d'un interféromètre de Michelson ? Elle est donnée par l'ordre d'interférence.

Résolution d'un Fabry-Pérot ? C'est la finesse du Fabry-Pérot.

Pourquoi Fabry-Perot utilisé dans Virgo ? Meilleure résolution. Augmenter les cavités augmentation de la longueur effective. Epreuve de 2001. Résolution de 10^{-19} m.

Finesse du Michelson ? 2.

Commentaires

Chiffrer les résolutions des spectres. Insister sur la résolution qui peut être un fil rouge. Goniomètre, on doit le calibrer. On sort le Michelson pour avoir une meilleure résolution.

Discuter les droites qu'on modélise. Si ça marche, on peut insister plus dessus.

I) On présente le réseau pour le principe du spectromètre et vérifier sa loi. Pour la suite, on peut dire qu'on utilise un spectro qui a le même principe que le réseau.

On peut présenter la biréfringence comme une mesure de $\Delta n e$.

Pour le Michelson, la vitesse du moteur est irrégulière, il faut un laser pour mesurer la vitesse du moteur. Il peut y avoir des pbs d'acquisition du signal de la diode.

Pour montrer l'influence de la résolution, on peut élargir la fente source du gonio, inviter le jury à voir que les raies s'élargissent. Projeter à la suite.

Transition entre I et III. On voit pas le doublet du sodium avec le gonio du coup on utilise le Michelson.

Passage : Valentin

Plan

I) Propriété spectrale d'une source A) Détermination de la longueur d'onde moyenne d'une lampe de sodium Spectroscopie optique, démo avec un prisme à vision directe.

mesures grâce au Michelson : contraste maximum puis on compte le nombre d'extinction. On détermine $\lambda = 2\Delta e/N$ grâce à un moteur qui permet de chariotier d'une distance précise. On peut compter jusqu'à 100 extinctions (± 2) sur une distance $\Delta e = 0.04 \pm 0.01$ mm (Précision dégeue, 25% !, on discute des incertitudes $\lambda = (8.10^{-8} \pm 2)nm$. Le point important est qu'on a une mesure géométrique et non interférométrique (on est limité par la lecture sur le vernier).

B) Mesures du doublet du sodium. Même idée en repérant les anti-coïncidences. On mesure $\Delta\lambda = n\lambda^2/2\Delta e = (0.59 \pm 0.01)nm$. On obtient une précision de 10^{-3} , beaucoup mieux !

C) Mode d'un laser Avec un Fabry-Perrot, on fait rentrer un laser, et on mesure à l'oscilloscope l'écart entre les modes. Ça à l'air de plutôt bien marcher donc c'est cool. On trouve $\Delta\nu = (780 \pm 70)Mhz$, et $\Delta\nu = 10^{-6}$. Avec les barres d'incertitudes on est dans ce que donne le constructeur. On précise qu'on a des interférences à N ondes, et que la finesse, capacité à résoudre deux longueurs d'ondes proches est beaucoup plus importante.

II) Le spectre comme outil A) Spectrale cannelé de biréfringence

Une lame de Quartz est utilisé. On utilise Caliens pour voir les interférences entre les différentes longueurs d'ondes d'une source QI. Cela permet de remonter à la valeur de Δn pour le quartz. B) Constante de Rydberg. Non traitée.

Remarques

- Perte de contraste sur anneaux dans un lieu de l'espace, signe qu'on est pas rigoureusement en lame d'air.
- Pas mal de manips (1 qualitative sur le prisme, 4 quantitatives sur le michelson, modes du laser, spectre cannelé et constante de Ry

- On aurait pu utiliser une cavité Fabry-perrot pour calculer l'écart du doublet du sodium.
- Le vrai pb selon moi est que la quantité importante de manip fait qu'on explique beaucoup moins le principe. Cependant on est quand même resté propre.
- Faire les calculs d'incertitudes à l'avance sur excel/Python pour gagner du temps.
- Toutes les manip étaient bien.
- Mettre ce qui est essentiel au tableau (schéma de l'interférogramme dans le cas du doublet par exemple) + optimiser la présentation des résultats.
- Charioter n'existe pas. Attention de pas s'appropriier les instruments.
- Oublier les manip qualitatives. Raconter une histoire pas essentiel même si c'est bien. Première manip peut être fait en gonio.
- Passer les rappels théoriques sur les interféromètres (surtout si on a pas détaillé l'origine des extinctions).
- On peut faire des remarques qualitatives sur le double au Michelson.
- Dès qu'on peut tracer des droites, on peut le faire.
- Pouvoir de résolution c'est $P = \Delta\lambda/\lambda = F.p$ où F finesse et p ordre d'interférence. Pour un Michelson, on doit aller loin du coup.
- Pour le laser, tout vibre en phase, donc la cohérence spatiale a moins de sens car les différents points source sont en phase.
- Polariseur c'est pas monochromatique. Malus suppose onde incidence normale. On sort un peu du régime.

Questions/commentaires

- Pourquoi ne pas utiliser de filtre anti calorique ? Erreur à ne pas faire.
- La quartz iode émet beaucoup de chaleur ? Yes par rayonnement ? Un filtre AC absorbe dans l'IR donc absorbe pas mal de rayonnement.
- Pour utiliser un Michelson pour faire l'expérience du λ ? Objectif pédagogique, montrer que c'est pas forcément avec un Michelson qu'on a des trucs de ouf tout le temps. Incertitudes sur le Michelson ? On est $1/100mm$, du même ODG que la différence de marche pour 100 anneaux. Intérêt du moteur ? Plus pratique, dur de compter et faire défiler en même temps.
- Meilleur dispositif pour cette mesure ? Utiliser un spectromètre calibré (réseau sur goniomètre). Nécessité de la calibration ? En fait avec la formule des réseaux si on mesure tout précisément c'est bon.
- Placement de la lentille de sortie ? Lentille de projection. Pq les interférences sont à l'infini ? Tj vrai avec source ponctuelle ? Non, comme trous d'Young les interférences sont partout mais peu lumineuses.
- Laser est une source ponctuelle ? Laser est cavité, donc étendu spatialement ?
- Comment fonctionne une QI ? Filament qui chauffe et corps noir, émet un rayonnement.
- Incertitude sur brouillage ? Il y a incertitude sur le vernier et aussi incertitude sur la détection sur le brouillage. Pourquoi il n'y a pas rigoureusement extinction ? Expérimental ou intrinsèque ? Cela vient des raies du sodium qui n'ont pas exactement la même puissance intensité. Si les raies sont pas infiniment fines, il y a extinction mais il faudrait charioter beaucoup beaucoup plus !!! Tracer interférogramme réel ?
- Intérêt de tracer l'abscisse de l'extinction en fonction du numéro ? On peut tracer une droite de pente $\sim \Delta\lambda$, mais on connaît pas vraiment les incertitudes de Regressi.
- Détail du calcul d'incertitudes. L'idée est qu'on chariotte beaucoup plus donc la précision sur Δe est bcp plus faible.
- Comment définir/calculer le pouvoir de résolution du Michelson ?
- Fabry-Perot pq plus précis que Michelson ? Interférences à 2 ou N ondes. Finesse, à revoir.
- ODG des modes d'un laser ?

- Ce que le laser envoie est un mode propre de la cavité? La cavité à une longueur variable avec le temps en réalité, mais ce sont quand même les modes propres qui vont être amplifiés et sortir de manière quantitative. Cloches en blanc dans le graphe Intensité/fréquence du laser? C'est la courbe de gain, qui est multiplié par les modes possibles du laser. ODG de la largeur de la courbe de gain? On sait pas mais on a une dérive en température de la cavité, donc de longueur.
- Lien entre finesse et pouvoir de résolution?
- Régime d'utilisation d'un polariseur? Fonctionnement : longue chaîne de polymère qui laisse passer lumière dans certain sens.
- Étalonnage du spectromètre? On utilise le mercure pour étalonner (longueurs d'ondes bien connues mais séparées) a
- Quelle supposition sur la biréfringence du milieu? Indice indépendant de a fréquence.
- Application de la spectroscopie? Dans l'astonomie, dans la police.
- Chariot surprise : x2 diapason, mesurer des battements? On met les caisses de résonance parallèle entre elle, et on attache une masselotte à l'un deux. On prend micro+oscilloscope+RunStop, et go mesurer aux curseur (cf TP divers).