

# MP 10 : Spectrométrie optique

Présentation : Thomas BOQUET le vendredi 17 novembre 2017

Correction : Anne-Emmanuelle BADEL \*, Vincent DE ZOTTI †

Les commentaires suivants reprennent et complètent plusieurs remarques formulées à l'issue de la présentation. Il s'agit de mises en garde et/ou de propositions sachant qu'il appartient à chacun de faire ses choix et de les assumer ensuite sur la base éventuellement de ce rapport.

## 1 Extrait des rapports de jury

- 2016, 2017 Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacé avec l'ordinateur, son principe de fonctionnement et ses caractéristiques d'utilisation, en particulier son pouvoir de résolution, doivent être connus. S'il souhaite utiliser un réseau en incidence normale, le candidat doit s'assurer de la réalisation expérimentale correcte de cette incidence particulière.
- 2015 Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacé avec l'ordinateur, son principe et ses caractéristiques d'utilisation, en particulier son pouvoir de résolution, doivent être connus. S'il souhaite utiliser un réseau en incidence normale, le candidat doit s'assurer de la réalisation expérimentale correcte de cette incidence particulière.
- 2014 Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacé avec l'ordinateur, son principe et ses caractéristiques d'utilisation, en particulier son pouvoir de résolution, doivent être connus. Dans le cas où un candidat souhaite utiliser un spectromètre qu'il a réalisé lui-même, il est rappelé que la mesure des angles au goniomètre est bien plus précise que le simple pointé avec une règle sur un écran ; en outre, s'il souhaite utiliser un réseau en incidence normale, le candidat doit s'assurer de la réalisation expérimentale correcte de cette incidence particulière.
- 2013 Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacé avec l'ordinateur, son principe et sa manipulation doivent être connus. Le prisme à vision directe doit être réservé aux observations qualitatives. Enfin le pouvoir de résolution des appareils doit être connu et leurs limitations discutées. Dans le cas où un candidat souhaite utiliser un spectromètre qu'il a réalisé lui-même, il est rappelé que la mesure des angles au goniomètre est bien plus précise que le simple pointé avec une règle sur un écran.
- 2011, 2012 Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacé avec l'ordinateur, son principe et sa manipulation et sa résolution doivent être connus. Le prisme à vision directe doit être réservé aux observations qualitatives.

## 2 Commentaires généraux

Il ressort de la présentation proposée qu'un important travail a été fourni pour préparer ce montage. Un certain nombre d'aspects peuvent voire doivent être améliorés.

Il est nécessaire de mieux soigner la réalisation des images : il s'agit d'un montage d'optique et cela passe forcément par l'obtention de belles projections sur un écran. Le jury en tiendra compte sans aucun doute dans son évaluation.

Il a été fait usage de lampes spectrales, ce qui est parfaitement normal pour ce montage. Il convient cependant de ne pas passer son temps à les éteindre et les allumer. Il faut par ailleurs leur laisser du temps pour "chauffer". Il sera donc nécessaire de les allumer au cours de la préparation et de les laisser ainsi jusqu'à la fin

---

\*anne-emmanuelle.badel@ac-lyon.fr

†vincent.de\_zotti@ens-lyon.fr

du montage. Il est également possible d'utiliser plus de lampes spectrales lors de la présentation afin de ne pas avoir à les déplacer.

Attention cependant à la cohérence entre les valeurs des résultats et les incertitudes. Tout d'abord une incertitude doit être donnée avec un chiffre significatif et c'est ce dernier qui précise celui du résultat. Ainsi  $40,6^\circ \pm 1,6 \cdot 10^{-2}$  n'est pas acceptable. L'incertitude est  $2 \cdot 10^{-2}$  (il faut la surestimer pour être sûr que le résultat soit dans l'intervalle de confiance) et ici il manque au résultat un deuxième chiffre après la virgule pour être cohérent avec l'incertitude. De même, il ne faut pas laisser une incertitude en minutes d'arc avec un résultat en degrés. L'unité doit être la même pour les deux.

Il faut également éviter de personnaliser le matériel, on ne parle pas de "sa" source par exemple.

Il convient de détailler au moins un calcul d'incertitudes de manière à prouver qu'on sait mener ce type d'études. S'il est nécessaire d'estimer les incertitudes pour chaque mesure, il n'est pas utile en revanche de le faire en détails à chaque fois : il suffit de bien mener les calculs une seule fois mais il faut alors le faire en détails.

Eviter les blancs dans le discours ainsi que des remarques du type "c'est pas grave, on va passer à la suite" qui seront certainement sévèrement sanctionnées par le jury.

La réactivité aux questions a été satisfaisante montrant une assez bonne maîtrise de ce qui a été présenté. Attention à éviter le jour J des réponses du style "Je devrais travailler ce point" comme ce fut le cas à propos des incertitudes.

### **3 Commentaires détaillés**

#### **3.1 Introduction**

L'introduction basée sur l'expérience qualitative avec un prisme à vision directe était une bonne idée, cela permet de bien situer la problématique de ce montage. Attention cependant il ne s'agit pas d'un phénomène de diffraction... mais de dispersion !

#### **3.2 Spectromètre à fentes (réseau)**

Lorsqu'un réglage est effectué comme par exemple positionner un objet dans le plan focal objet d'une lentille, il convient d'être un peu plus précis sur la méthode utilisée pour le faire.

Le réglage de la lunette du goniomètre a été effectué avec un "objet lointain". Attention à bien s'assurer du caractère lointain de l'objet employé. Une méthode préférable consiste à effectuer un réglage par autocollimation à l'aide de la lampe annexe de la lunette qui éclaire un réticule donc on cherche à former l'image dans son propre plan par autocollimation. C'est la méthode classique pour ce type de réglage.

Attention avec le réglage du goniomètre ainsi qu'avec la position du réseau. Il faut qu'il soit au centre de la plate-forme pour que les angles puissent être mesurés correctement.

L'étalonnage a été réalisé avec une lampe au mercure, ce qui ne permet pas d'avoir accès à des longueurs de part et d'autre de la valeur qu'on va déterminer par la suite (le doublet du sodium). Il faudrait trouver une lampe spectrale avec des longueurs d'onde dans le rouge. Une lampe au cadmium pourrait répondre à cette attente ou mieux une lampe mercure - cadmium. Cela permettrait de travailler pour l'estimation de la longueur d'onde du doublet du sodium en interpolation et non en extrapolation, ce qui est toujours préférable.

#### **3.3 Mesure au Michelson**

Il aurait sans doute été appréciable d'avoir un peu plus de détails sur le réglage du Michelson en lame d'air.

Le choix de la recherche manuelle des brouillages est tout à fait recevable surtout si - comme ce fut le cas - on justifie ce choix par la durée nécessaire pour l'enregistrement. Il faut d'ailleurs s'interroger sur l'opportunité de réaliser cet enregistrement surtout connaissant les aléas de cette manipulation.

Bien préciser qu'on peut avoir accès (à l'aide de l'enregistrement) à trois échelles. Il faut les présenter et indiquer leurs correspondances.

## 4 Questions posées

1. Qu'est-ce qu'un PVD ? Quel est son intérêt ? son inconvénient ?  
Ne pas oublier que la déviation varie comme l'inverse du carré de la longueur d'onde pour un prisme. On a donc un dispositif non linéaire qui ne pourra être utilisé que pour des manipulations qualitatives et non quantitatives.
2. Quel est le rôle de la lentille ? Que faudrait-il ajouter ?  
Ne jamais oublier qu'une lentille sert à former l'image d'un objet encore faut-il qu'il y en ait un, ce qui nécessiterait ici d'ajouter une fente dont on formerait l'image par la lentille sur l'écran avant de placer le PVD.
3. Quelle est la différence entre spectrométrie et spectroscopie ?  
Il n'y a pas de mesures pour la spectroscopie.
4. Que se passe-t-il si on déplace le réseau en translation ?  
Rien.
5. Quels sont les risques d'une fente trop large ? trop fine ?  
Avec une fente trop large, deux raies risquent de ne plus pouvoir être distinguées. Si elle est trop fine, on perd fortement en luminosité.
6. Expliquer le principe des lampes spectrales. Quelle est la forme des raies ?  
On chauffe le gaz qui s'excite et la désexcitation conduit à une émission de lumière. La forme des raies dépend de la pression de la lampe. Elle est soit lorentzienne pour les lampes hautes pressions soit gaussienne pour les lampes basses pressions.
7. Quelles sont les différentes configurations du Michelson ? Quels sont les autres dispositifs pour avoir des interférences ?  
Le Michelson est utilisé soit en lame d'air comme ici, soit en coin d'air. On a un dispositif à division d'amplitude par opposition aux dispositifs à division du front d'onde.
8. Quelle justification peut-on apporter pour le calcul de la différence de marche ?  
Ne pas oublier le théorème de Malus...

## 5 Quelques alternatives possibles

On peut envisager d'autres manipulations :

- l'utilisation d'un spectromètre commercial,
- la mesure de la constante de Rydberg,
- la mesure de l'épaisseur d'une lame par un spectre cannelé.

## 6 Conclusion

Il s'agit d'une assez bonne présentation même si des points peuvent encore être améliorés et si on peut procéder à d'autres choix. Attention cependant à bien maîtriser toute la théorie relative au sujet. Ne pas oublier que le candidat est supposé capable d'expliquer toute relation utilisée...

Nous restons à votre disposition par mail si vous avez d'autres questions.