

MP 13 : Biréfringence, polarisation rotatoire

Présentation : Charles PALEO le jeudi 8 décembre 2016

Correction : Anne-Emmanuelle BADEL *

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

- 2013, 2014, 2015 Le candidat doit être capable d'expliquer le principe physique des protocoles utilisés pour l'étude de la biréfringence d'une lame mince. Le jury attend des mesures quantitatives avec confrontation aux valeurs tabulées. Une connaissance minimale des milieux anisotropes est indispensable.
- 2011, 2012 Jusqu'en 2012, le titre était "Milieux optiquement actifs : biréfringence et pouvoir rotatoire". Le jury a vu de bons montages sur le sujet. Cependant, la signification de certains termes comme "lame taillée parallèlement ou perpendiculairement à l'axe" ou encore "ligne neutres" doit être connue.
- 2010 Le sujet a été moins souvent confondu avec le suivant (Production et analyse d'une lumière polarisée) cette année. Le candidat doit toutefois être capable d'expliquer le principe physique des protocoles utilisés pour l'étude de la biréfringence d'une lame mince.
- 2009 Ce montage est souvent confondu avec le suivant (Production et analyse d'une lumière polarisée). Comme le titre l'indique, il s'agit d'étudier des propriétés de matériaux et non d'ondes lumineuses, même si ces dernières constituent l'outil principal permettant d'effectuer ces mesures.
- 2008 Les notions d'axe optique et de lignes neutres sont trop mal connues.
- 2006 Il faut avoir davantage que de vagues notions sur les milieux anisotropes.

2 Commentaires généraux

Il ressort de la présentation proposée qu'un important travail a été fourni pour préparer ce montage et le résultat est plutôt satisfaisant. L'équilibre entre les deux aspects de biréfringence d'une part et de pouvoir rotatoire de l'autre a été bien respecté. D'autres choix auraient pu être faits, la seule condition à respecter étant de conserver une ligne directrice ainsi qu'une logique dans la présentation. Le rythme était correct, les manipulations soignées et bien justifiées et le temps octroyé respecté.

Attention cependant à la cohérence entre les valeurs des résultats et les incertitudes : $484,65 \pm 2$ n'est pas acceptable, il faut écrire 484 ± 2 . Il faut également éviter de personnaliser le matériel, on ne parle pas de "sa" lentille, de "son" diaphragme...

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, une fois bien menée suffit mais il faut le faire une fois.

Attention également aux incertitudes fournies par REGRESSI qui sont quasiment de l'ordre de grandeur de la valeur.

Le choix de placer les schémas de montage sur un transparent a été fait. Pourquoi pas, mais il faut sans doute soigner un peu plus la réalisation : on s'attend à ce qu'un schéma fait sur une page à plat soit plus soigné que celui qu'on aurait pu faire au tableau.

La réactivité aux questions a été satisfaisantes montrant une assez bonne maîtrise de ce qui a été présenté.

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

3 Commentaires détaillés

3.1 Introduction

L'introduction basée sur l'influence d'un matériau sur la lumière était une bonne idée, cela permet de bien situer la problématique de ce montage. On pourrait éventuellement ajouter quelques mots sur la superposition des deux effets à moins qu'on ne le réserve pour la conclusion. Lors de la présentation, cet aspect a été totalement passé sous silence, c'est dommage.

3.2 Biréfringence

La mise en évidence du phénomène à l'aide d'une lame mince de spath a été bien menée et elle était très claire. On peut formuler quelques remarques sur le caractère polychromatique de la lumière et son influence. Cet aspect a été évoqué plus loin mais on est en droit alors de se demander s'il n'intervenait pas dès le départ. Le préciser éviterait cette ambiguïté.

La présentation de la mesure d'indice a été bien détaillée. Lors des questions sur les incertitudes, il a été répondu que la propagation des erreurs avait été établie par la dérivation logarithmique. Attention, ce n'est pas la meilleure méthode car elle revient à surestimer les incertitudes et elle n'est possible que pour des produits ou quotients. Il est préférable d'utiliser la relation générale avec les dérivées partielles et de ne tenir compte que des sources principales d'erreur (à savoir celles qui donnent les contributions les plus fortes). Savoir écrire l'expression générale est important même si par la suite on fait appel à un logiciel pour réaliser concrètement les calculs.

Enfin l'application à la mesure de l'épaisseur de la lame par le spectre cannelé est une conclusion logique à l'étude menée. Il aurait été souhaitable d'être un peu plus clair dans ce qui a été fait : la position initiale du cristal ne permettait pas la lecture de l'angle, il a donc fallu le tourner, ce qui a entraîné une modification de la position des polariseur- analyseur en recherchant les extinctions. Il est préférable de dire qu'on recommence au début puisqu'on est contraint de tourner le cristal plutôt que de faire les choses sans préciser ce qui est en train d'être réalisé.

Attention à être capable de justifier théoriquement la relation utilisée. C'est un point qui a fait mauvaise impression lors des questions.

La présentation de la biréfringence artificielle à l'aide du scotch est une bonne application. Son seul défaut est de ne pas donner lieu à des mesures. Etudier par biréfringence les déformations d'un matériau sur lequel on tire par le poids d'une masse pourrait répondre à ce reproche (Cf. Sextant).

3.3 Pouvoir rotatoire

La première manipulation concernait le pouvoir rotatoire d'une solution de saccharose. Quelques précautions à prendre avec les solutions de sucre. Si on prend du glucose seul, ce dernier existe sous trois formes : linéaire, cycle α et cycle β , ces deux derniers se différenciant par la configuration du carbone sur lequel s'opère la cyclisation par hémicétylation. On a donc un mélange *a priori* de trois espèces et la loi de Biot comprend trois termes (celui lié à la forme linéaire ultraminoritaire en solution aqueuse peut être négligé). Ce mélange résultant d'un équilibre chimique, il faut être conscient que tous les paramètres pouvant déplacer un équilibre chimique notamment la température interviennent sur la proportion des deux formes α et β donc sur le pouvoir rotatoire de la solution. De plus, les oses peuvent s'associer, par exemple le saccharose résulte de l'association d'un cycle de fructose et d'un cycle de glucose et le saccharose s'hydrolyse pour redonner du fructose et du glucose. Si on choisit de partir d'une solution de saccharose, l'interprétation du pouvoir rotatoire sera encore plus complexe puisqu'il faudra tenir compte de l'action du saccharose, du glucose et du fructose et à chaque fois avec ses différentes formes. Il serait donc plus judicieux de se limiter au cas "simple" de glucose ou mieux de trouver une solution avec une seule espèce optiquement active.

Il a été montré l'influence de la concentration mais on peut également illustrer celle de la longueur de la cuve en comparant les pouvoirs rotatoires obtenus de la lumière ayant traversé la cuve dans sa longueur et dans sa largeur.

A noter la difficulté de détecter l'extinction sur la cuve avec la solution quand on la juxtapose au faisceau direct.

Attention également au fait que le pouvoir rotatoire dépend de la longueur d'onde utilisée. Ainsi quand on se reporte au Handbook, on a généralement les pouvoirs rotatoires spécifiques avec une indication "D", cette dernière signifie que la valeur donnée correspond au pouvoir rotatoire obtenu avec la raie D du sodium. On pourrait donc envisager d'utiliser une lampe spectrale au sodium pour être au plus près des valeurs tabulées.

Enfin il serait également nécessaire de connaître un peu le principe de fonctionnement des polarimètres utilisés en chimie comme le polarimètre de Laurent. Ce dernier est constitué d'un polariseur et d'un analyseur mais également d'une lame demi-onde sur la moitié du faisceau : cela permet de chercher l'égalité des éclaircissements au lieu d'une extinction, ce qui est plus facilement réalisable et pallie la difficulté de rechercher l'extinction.

Enfin la dernière manipulation sur l'effet Faraday est une bonne idée. Il aurait sans doute fallu plus souligner lors de la présentation que le pouvoir rotatoire n'est pas l'exclusivité des solutions mais que des solides présentent aussi cet effet et qu'on peut aussi induire un pouvoir rotatoire comme par exemple avec l'effet Faraday. Le point mesuré en direct était totalement en dehors de la courbe réalisée en préparation. Il convient de rechercher l'origine de ce problème. Parmi les causes possibles, on peut penser à un changement de position du flint, au faisceau de lumière introduit (notamment la polarisation des lasers dont la direction de polarisation fluctue....), à d'autres causes extérieures.

4 Quelques alternatives possibles

La durée ayant été respectée sans marge, tout ajout devra être compensé par une suppression.

On peut cependant envisager d'autres manipulations :

- * pour la biréfringence :
 - l'utilisation des lames quart d'onde ou demi-onde,
 - l'utilisation du compensateur de Babinet,
- * pour le pouvoir rotatoire :
 - l'utilisation d'un solide présentant un pouvoir rotatoire.

On pourra se reporter avec profit au livre de Sextant "Optique expérimentale".

5 Conclusion

Il s'agit d'une bonne présentation même si des points peuvent encore être améliorés et si on peut procéder à d'autres choix. Attention cependant il y a beaucoup de choses et notamment une théorie conséquente à maîtriser sur ce sujet. Ne pas oublier que le candidat est supposé capable d'expliquer toute relation utilisée...