

MP 26 : Mesure de longueurs

Présentation : Lousiane DEVAUD le jeudi 12 janvier 2017

Correction : Charles-Edouard LECOMTE*et Anne-Emmanuelle BADEL†

Les commentaires suivants reprennent et complètent les 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

- 2015, 2016 Des mesures de longueurs dans une large gamme sont appréciées et là encore les candidats ne doivent pas se contenter du réglet comme outil de mesure. Par ailleurs, la mesure d'une longueur de cohérence n'a pas en soi sa place dans ce montage.
- 2014 Ce montage n'est ni un montage de spectroscopie, ni un montage de focométrie ; en particulier, la mesure de longueurs d'ondes en tant que telle ne semble pas indiquée. On peut en revanche discuter des méthodes de mesure de longueurs adaptées à grande et à petite échelle. Rappelons que des objets micrométriques peuvent être mesurés avec un instrument optique adapté.
- 2013 Il est dommage de voir tant de montages à prétention métrologique où les incertitudes sont très mal gérées. Lors d'utilisation de "boîtes noires", il est indispensable de connaître leur fonctionnement.
- 2012 Le jury a pu assister à des montages variés et bien structurés, balayant les diverses échelles de longueurs de l'infiniment petit à l'infiniment grand. Cependant, les incertitudes, malgré leur importance dans ce montage, sont souvent encore mal gérées et mal hiérarchisées.
- 2011 Le jury a pu assister cette année à des montages variés et bien structurés. Cependant, les incertitudes, malgré leur importance dans ce montage, sont souvent très mal gérées et mal hiérarchisées.
- 2010 Il est dommage de voir tant de montages à prétention métrologique où les incertitudes sont très mal gérées.
- 2009 Il est inutile d'utiliser un interféromètre de Michelson pour déterminer la différence de marche engendrée par une lame de microscope si on cherche à déterminer son épaisseur avec un indice peu précis !

2 Commentaires généraux

La présentation proposée traduit un important travail de préparation. Les aspects tant pratiques que théoriques sont globalement maîtrisés, les réponses aux questions ont permis de confirmer l'impression ressentie lors du montage.

Les manipulations présentées ont toutes leur place au sein de ce montage et couvrent une large gamme de longueurs. Il aurait cependant été nécessaire de "tracer plus de droites" au sens où la plupart des manipulations n'ont fait l'objet que d'une seule mesure sans faire varier de paramètres ni vérifier la loi donnant la dépendance de la mesure avec ce paramètre. C'est par exemple très facile à réaliser pour la télémétrie.

Il convient par ailleurs de bien avoir en tête l'étalon sur lequel se base chaque méthode abordée. Ce montage relève de la métrologie qui nécessite le choix d'une référence avant de réaliser la mesure à proprement parler. Il s'agit donc du cœur du montage.

*charlesedouard.lecomte@ens-lyon.fr <http://perso.ens-lyon.fr/charlesedouard.lecomte>

†anne-emmanuelle.badel@ac-lyon.fr

3 Commentaires détaillés

3.1 Introduction

L'introduction basée sur un aspect historique des mesures de longueurs est une bonne idée. Il est alors très facile d'introduire la notion d'étalon dès le début du montage.

3.2 Mesure de parallaxe

Cette mesure a été présentée comme une mesure de grandes longueurs. Il est vrai que son exploitation concerne ce type d'application avec la mesure de la distance d'une étoile proche. La théorie du calcul ne nécessite aucune hypothèse *a priori* sur la distance. En revanche, la réalisation devient problématique pour des étoiles trop lointaines : les angles tendent alors vers $\frac{\pi}{2}$, ce qui place dans la situation où les incertitudes deviennent trop grandes pour que la mesure reste faisable. Il faut également bien soigner l'alignement des goniomètres : cela peut engendrer une erreur systématique non négligeable. Cela a bien été fait ici.

La présentation des incertitudes aurait pu être mieux menée. Il convient en effet de bien écrire les résultats et leur incertitude dans les mêmes unités. C'est notamment la valeur de l'incertitude obtenue qui définit le nombre de chiffres significatifs. D'autre part, les incertitudes trouvées lors du montage étaient très grandes. Il est absolument nécessaire de commenter les valeurs trouvées, ce qui aurait permis ici de se rendre compte qu'il y avait un problème. Une manière simple de procéder à cette vérification consiste à refaire l'application numérique avec une valeur du paramètre différente mais à sa limite d'incertitude. On valide la cohérence entre la valeur obtenue par le calcul d'incertitude et l'écart constatée avec un faible écart du paramètre. Ici le problème trouve sa source dans une mauvaise gestion des unités d'angles.

En lien avec cette expérience, il peut être utile de savoir définir le parsec ainsi que d'être capable d'identifier L la distance entre les deux goniomètres comme l'étalon.

3.3 Télémètre acoustique

Le choix du type de signal utilisé ainsi que des valeurs de ses caractéristiques est un point important de cette manipulation. Notamment on doit être conscient du lien avec le facteur de qualité. Il convient de pouvoir justifier l'endroit du signal qu'on repère pour effectuer la mesure notamment sur le choix entre le début du signal ou son maximum. De même, on doit être capable de distinguer entre vitesse de phase et vitesse de groupe de manière à savoir ce qu'on mesure et où.

Comme précisé dans la correction du MP29 de 2014 : "*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 a priori d'un cristal de quartz produisant les ondes acoustiques. On exploite ensuite l'effet piezoélectrique pour commander ou lire la réponse du transducteur. Néanmoins le quartz ayant une résonance aiguë, le régime transitoire a une durée non négligeable à l'échelle qui nous intéresse. Il faut donc repérer le début dudit 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.*" On pourra consulter le livre de Fruchart, Lidon et al., p.519.

D'un point de vue expérimental, il convient de mieux préciser le choix d'un quart de graduation comme incertitude.

Enfin si cette méthode est à la base des sonars, on ne doit pas oublier qu'elle constitue également le principe des appareils permettant d'effectuer des mesures de longueur sur le terrain.

3.4 Mesure spectroscopique de l'épaisseur d'une lame de verre

Le spectre cannelé n'était pas très joli lors de la présentation. C'est dommage mais cela fait partie des risques de cette manipulation. Il faut en être conscient si on opte pour cette manipulation. Une façon de le rendre plus beau est de rester en coin d'air, proche du contact optique (angle faible) et de placer la lame. On enlève ensuite l'écran (où était fait l'image des franges) et on y place la fibre optique. En faisant converger la lumière sur la fibre optique, vous faites converger des blancs d'ordres supérieurs correspondant à des différences de marche différentes brouillant ainsi le signal.

L'influence de l'angle de la lame par rapport au faisceau permet de répondre à la question relative au positionnement de la lame et à la précision avec laquelle on doit effectuer cette opération.

Concernant les incertitudes, il convient de mieux détailler leur origine notamment si on doit tenir compte de l'incertitude introduite par le spectro. Sur ce même point des incertitudes, il faut préciser comment on obtient l'incertitude sur la valeur de l'indice. Ce point n'était pas clair lors de la présentation, la valeur prise correspond d'ailleurs plus à une variation maximale qu'à une réelle incertitude.

3.5 Diffraction par un fil

Attention au vocabulaire employé. Ce qui a été annoncé comme une interfrange n'en est pas vraiment une. Cette notion renvoie au phénomène d'interférences où toutes les tâches ont une même taille. Ici on observe un phénomène de diffraction. Or on peut distinguer une figure de diffraction d'une figure d'interférence par le simple fait que la tâche centrale d'une figure de diffraction est deux fois plus large. Dans ces conditions, il est assez gênant de parler d'interfrange. Il est préférable de parler du nombre d'extinction à partir du centre de la figure par exemple.

Plusieurs longueurs peuvent être envisagées comme étalon ici : la longueur d'onde du laser, les distances D ou a .

On aurait pu utiliser l'étalonnage réalisé pour réaliser une application avec un cheveu ou un fil par exemple.

4 Conclusion

Cette présentation était d'assez bonne facture malgré toutes ces remarques. Ces dernières ont été formulées pour encore améliorer sa réalisation.

On peut également opter pour la diffraction des électrons par le graphène. Cependant il faudrait dans ce cas sans doute supprimer une autre manipulation. En effet, si le temps imparti a été respecté, ce ne serait plus le cas avec une expérience supplémentaire. Il revient donc au candidat d'opérer ses propres choix en fonction de ses préférences.