

MP26 : Mesure de longueurs

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

June 6, 2021

Introduction

On sait mesurer avec des règles ou des mètres rubans des longueurs à notre échelle, voyons comment mesurer des longueurs d'autres types.

1 Mesure de grandes longueurs

1.1 Méthode de la parallaxe

Matériel

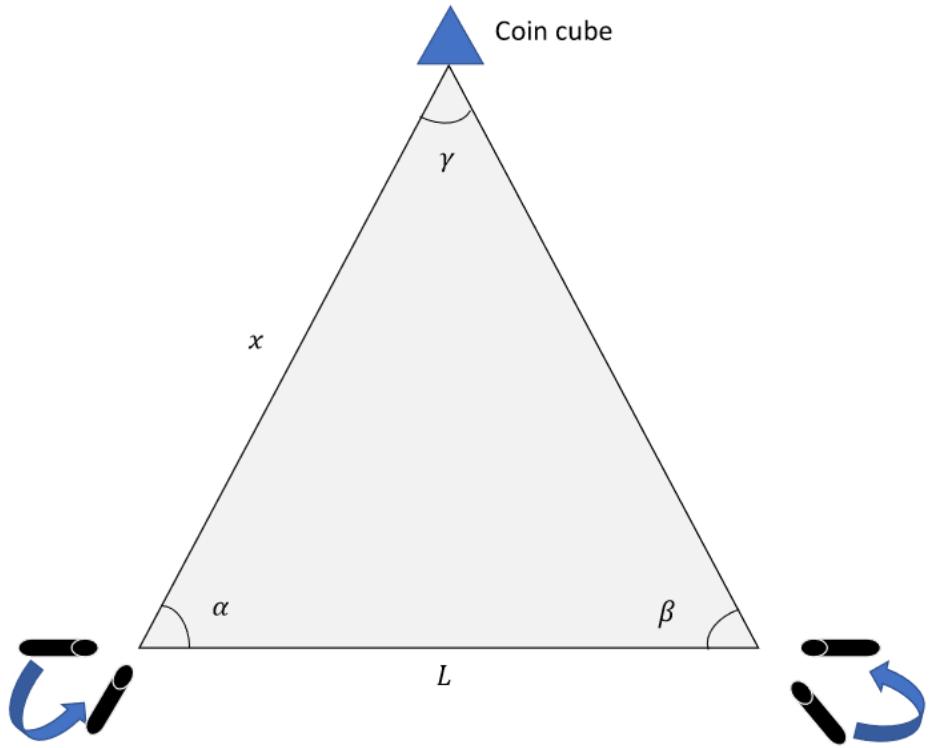
- Un coin de cube
- Deux goniomètre
- Un réglet

Mise en place

- On place les deux goni à quelques mètres l'un de l'autre. On place le coin de cube au loin
- Avec chaque gonio, mesurer l'angle en visant l'autre gonio, puis en visant le coin de cube. Noter l'écart angulaire
- Mesurer la distance entre les deux goniomètre

Exploitation

- La trigo nous donne $\frac{\sin(\alpha)}{x} = \frac{\sin(\gamma)}{L}$
- Donc on a $x = \frac{L \times \sin(\alpha)}{\sin(\gamma)}$
- on a $\gamma = 180 - \alpha - \beta$



- pour les incertitudes, on a $\frac{\Delta x}{x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \alpha \cos(\alpha)}{\sin(\alpha)}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \gamma \cos(\gamma)}{\sin(\gamma)}\right)^2}$
- Remarques: L est très dominant dans les incertitudes. D'autre part, si x très grand, alors les différences entre les angles seront très faibles et non résolubles. On pourrait vouloir augmenter L, mais attention à la courbure de la terre pour les mesures d'astro

1.2 Mesure de temps de vol: Principe du télémètre laser

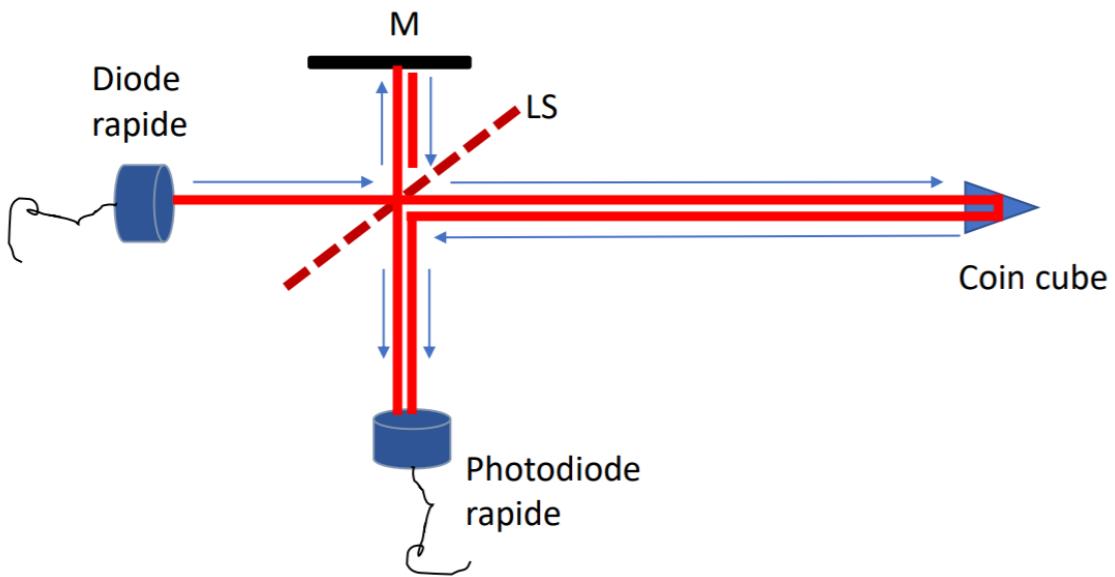
Matériel

- Coin de cube
- Diode laser pulsé + alim +15/-15
- Photodiode rapide (cellule BPX 65, noté " $f_c = 3 \text{ MHz}$ ") + alim associée "alimentation cellule BPX65" avec le câble pour relier les deux
- Lame semi réfléchissante
- Miroir montable sur pied et "tiltable"

- Oscilloscope

Mise en place

- Réaliser le setup du schéma ci-dessous, en raccordant la photodiode rapide à l'oscillo
- Evaluer la distance l entre le miroir et la séparatrice.
- Mesurer l'écart temporel entre les deux signaux à l'oscilloscope :
 - dans un premier temps, sans le miroir, repérer le signal du faisceau revenant du coin de cube, placer un curseur au début de celui-ci
 - Placer le miroir et le régler de telle sorte à avoir le second signal qui apparaît
- Attention à la sécurité ! Faire attention à l'horizontalité et aux réflexions.



Exploitation

- On a $L = \frac{c \times \Delta T}{2} - 2l$, Avec l la distance au miroir
- Mesure très utile et précise en pratique (mesure d'écart de 3 cm par an de la Lune) ; aussi utilisée dans le BTP.
- Limité principalement par l'auto diffraction du faisceau.

2 Mesure de longueurs microscopiques

2.1 Interférométrie: Lame de verre [2]

Matériel

- Michelson
- Lampe blanche
- Lampe de sodium
- Lampe de mercure
- Condenseur
- Dépoli
- Doublet de 1000 mm
- Doublet de 200 mm
- écran
- Lame de verre (lamelle de microscope)
- Spectro ocean + fibre

Mise en place

- Régler le Michelson en coin d'air (cf [1] au besoin)
- Mettre la lame (à l'aide d'un support en mousse)
- Prendre le spectre cannelé avec le spectro, régler les paramètres d'acquisition de telle sorte à ce qu'il ne sature pas.

Exploitation

- Voir [2] pour les variations de l'indice optique avec λ
- Prendre 2 minima séparés de quelques dizaines de cannelures (au moins 20)
- Par le calcul ci-dessous, en déduire e (avec $\lambda_1 > \lambda_2$). On s'attend à une épaisseur de l'ordre de 150 μm .
- Incertitudes : traitement Monte-Carlo avec le code Python joint.

(i) Une cannelure correspond à un déphasage de $\Delta\phi = \pi + 2p\pi$. Or :

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda_p} 2e(n-1) = \pi + 2p\pi \quad (3.1)$$

on a donc le système pour les deux cannelures repérées :

$$\frac{2\pi}{\lambda_{p1}} 2e(n(\lambda_{p1})-1) = \pi + 2p_1\pi \quad (3.2)$$

$$\frac{2\pi}{\lambda_{p2}} 2e(n(\lambda_{p2})-1) = \pi + 2p_2\pi \quad (3.3)$$

En effectuant la différence de ces deux expressions et en notant que $p_2 - p_1 = N - 1$ avec N le nombre de cannelures mesurées. On trouve :

$$e = \frac{N-1}{\frac{2(n(\lambda_2)-1)}{\lambda_2} - \frac{2(n(\lambda_1)-1)}{\lambda_1}} \quad (3.4)$$

2.2 Diffraction d'électrons sur du graphite

Matériel

- Set de diffraction d'électron + alim
- Réglet souple ou mètre ruban

Mise en place

- Mettre l'alim en route, voir la notice pour les branchements. Attention à bien accélérer les électrons dans le bon sens !
- Le dispositif met 1-2 minutes à chauffer, après quoi faire rapidement les mesures (10 min max) et le couper de nouveau pour éviter de faire fondre le filament de tungstène.
- Pour différentes tensions accélératrices, voir des cercles de plus grand rayon se former
- Mesurer le rayon R en fonction de la tension accélératrice U

Exploitation

- Le faisceau d'électron est accéléré avec une vitesse $v = \frac{2eV}{m}$
- Il a donc une longueur de De Broglie $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$
- On sait qu'on a la relation de Bragg $2d \sin(\frac{\theta}{2}) = n \lambda$ avec d la distance entre les plans du réseau moléculaire.

- On mesure le diamètre curviligne L qu'on approxime au diamètre plat.
- On a $L = \frac{2Dh}{d\sqrt{2eVm}}$ avec D le diamètre de l'ampoule (13.5 cm)
- On trace le diamètre de chaque anneau en fonction de $\frac{1}{\sqrt{V}}$ et on en tire la distance entre les plans (voir [3] pour les valeurs attendues)

Biblio

- 1 Physique expérimentale, De Boeck
- 2 Pour les valeurs d'indice de la lamelle de microscope (renseigner GLASS - SCHOTT BK (Borosilicate crown) - SCHOTT N-BK7) :
<https://refractiveindex.info/?shelf=glass&book=SCHOTT-BK&page=N-BK7>
- 3 Notice du set de diffraction :
<https://media.educ.space/labmedias/46/16/4616f2f2cabfea26322833c758050306c0575fc3Notice%20-%20Tube%20pour%20diffraction%20de%201%C3%A9lectron.pdf>