

Télescopes à miroir liquide

J'ai entendu parler de ce type de télescopes il y a peu de temps et cela m'a intrigué car, ayant toujours connu les télescopes usuels, j'étais curieux de découvrir un nouveau mode de fonctionnement. De plus, ce sujet est lié à l'astronomie dont je suis depuis longtemps passionné.

La recherche dans le domaine spatial nécessite des télescopes puissants. La NASA a donc utilisé les télescopes à miroirs liquides pour détecter et répertorier les astéroïdes et débris circulant autour de la Terre afin d'assurer la sécurité de la Station Spatiale Internationale et des satellites.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- *FLEURY Gabriel*

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), PHYSIQUE (Mécanique), MATHÉMATIQUES (Géométrie).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Miroir liquide</i>	<i>Liquid mirror</i>
<i>Parabole</i>	<i>Parabola</i>
<i>Vitesse de rotation</i>	<i>Rotational velocity</i>
<i>Convergence</i>	<i>Convergence</i>
<i>Faisceau</i>	<i>Beam</i>

Bibliographie commentée

L'observation astronomique de corps célestes repose avant tout sur l'exploitation de télescopes performants. La fabrication de télescopes traditionnels est longue et coûteuse car les miroirs utilisés doivent être très lisses et nécessitent donc un polissage long et minutieux. De plus, ces miroirs se déforment avec le temps, sous l'action de leur propre poids, ou à cause des variations de température. [1]

Les télescopes de Newton, devant leur nom au célèbre scientifique, sont des dispositifs optiques composés de deux miroirs. On dit que ce sont des dispositifs réflecteurs. Le miroir primaire reçoit les rayons provenant d'un objet éloigné puis les réfléchit sur le second miroir forcément plan, permettant à l'observateur de voir l'image sans occulter les rayons lumineux. Le miroir primaire peut être de deux formes différentes dans les télescopes de Newton, parabolique ou sphérique concave. La sphère étant la forme la plus facile à obtenir pour une surface optique, on trouve facilement dans le commerce des télescopes de Newton avec miroir sphérique. Cependant ces

miroirs économiques présentent une aberration de sphéricité, c'est-à-dire que les rayons provenant de l'infini parallèles à l'axe optique ne focalisent pas en un unique point : ce type de télescope n'est donc pas un système optique stigmatique. Le miroir parabolique présente, en revanche, l'avantage d'être rigoureusement stigmatique pour un point objet situé à l'infini sur son axe. De plus, en se plaçant dans les conditions de Gauss, autrement dit, en considérant les rayons peu inclinés et proches de l'axe optique, le miroir parabolique liquide apparaît comme un système avec un stigmatisme approché. [2], [3], [4]

Les miroirs liquides apparaissent comme une alternative intéressante aux miroirs traditionnels. Une mise en rotation du contenant permet de former à la surface libre du liquide une parabole, dont le rayon de courbure dépend de la vitesse de rotation de l'ensemble. La forme parabolique de la surface libre du métal résulte de la combinaison d'un effet centrifuge et de l'attraction gravitationnelle. On peut ainsi maîtriser la distance focale du miroir. Le métal liquide étant parfaitement réfléchissant, on a alors réalisé un miroir parabolique. Les miroirs liquides ont l'avantage d'être légers et surtout beaucoup moins coûteux que les miroirs traditionnels car aucun polissage n'est nécessaire. Leur légèreté est dû au fait que le volume de liquide nécessaire est faible grâce à une structure ayant déjà une forme parabolique. Le choix d'un métal liquide à température ambiante est nécessaire, ce qui limite beaucoup les possibilités. Le mercure, dont la température de fusion est très faible (-39°C), et qui est très réfléchissant, est utilisé en astronomie pour les télescopes à grands miroirs paraboliques liquides tel que celui du LZT (Large Zenith Telescope) de l'observatoire de l'UBC (University of British Columbia). De tels miroirs mesurent 6 mètres de diamètre et tournent à une vitesse de 8,5 tours par minute. [1], [5], [6]

Ces miroirs liquides paraboliques ont cependant un inconvénient : ils ne sont pas orientables, leur axe est nécessairement selon la verticale locale, ils sont donc limités aux observations astronomiques au zénith. En revanche, cela n'est pas forcément gênant car c'est aussi ici que la transparence atmosphérique ainsi que la qualité d'image sont les meilleures. Cette technique d'observation peut également permettre d'imager chaque jour une étroite bande du ciel et d'y détecter des objets extrêmement faibles et donc d'étudier la variabilité de chacun de ces objets en position mais également en photométrie, luminosité. [1], [7]

Problématique retenue

Conception et caractérisation d'un miroir liquide parabolique.

Objectifs du TIPE

Détermination théorique de la distance focale du miroir liquide en fonction de la vitesse de rotation.

Fabrication du dispositif de mise en rotation et choix du récipient.

Détermination expérimentale de la distance focale, en fonction de la vitesse de rotation, du miroir liquide ainsi fabriqué et comparaison avec la distance focale prévue par la théorie.

Conception et réalisation d'une expérience avec un faisceau élargi pour vérifier la propriété du miroir parabolique liquide (tous les rayons venant de l'infini parallèles à l'axe optique convergent en un même point, le foyer image)

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] YAËL NAZÉ : Des miroirs... liquides! : *Le Ciel, mars 2000, vol.62, p. 73-75*
- [2] SERGE BERTORELLO : Le miroir principal du télescope de Newton :
<http://serge.bertorello.free.fr/optique/instrum/miroir.html>
- [3] SERGE BERTORELLO : Le télescope de Newton :
<http://serge.bertorello.free.fr/optique/instrum/newton.html>
- [4] RÉMI CABANAC : Astronomie avec miroirs liquides : *Thèse présentée à la faculté des études supérieures de l'Université Laval pour l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D.), Département de physique FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE UNIVERSITÉ LAVAL, Juin 1998*
- [5] DAVE ARNESON : Liquid mirror telescope : <https://www.youtube.com/watch?v=Q5Cr9P-Q88Y>
- [6] EASO : Liquid Mirror Telescope : Basics : <http://www.aeos.ulg.ac.be/LMT/instruments.php>
- [7] UNIVERSITÉ DE LIÈGE : Observer les étoiles dans le mercure liquide :
https://www.reflexions.uliege.be/cms/c_351820/fr/observer-les-etoiles-dans-le-mercure-liquide

DOT

- [1] *Début Septembre 2020 : Après avoir choisi le sujet j'ai commencé à mener des recherches sur les paraboloïdes afin de déterminer les études que nous pourrions effectuer (vibrations, tests optiques pour vérifier la qualité du miroir, réflexion en un point).*
- [2] *Novembre 2020 : Détermination de la distance focale théorique en fonction de la vitesse de rotation du liquide, réflexion avec Gabriel sur les protocoles des futures expériences à mener.*
- [3] *Début Décembre 2020 : Recherche d'un récipient adéquat pour y mettre le liquide, boîte de pétri pas assez haute, on choisit un cristalliseur qui peut contenir plus de fluide dans le but d'être à l'aise à l'avenir avec les lasers et les prises de mesures.*
- [4] *Fin Décembre 2020 : Fabrication du dispositif mettant le cristalliseur en rotation, premier essai avec un tourne disque mais le dispositif s'est finalement montré gênant pour y déposer un cristalliseur et ne possède que 3 vitesses trop lentes pour observer quelque chose (45 tours par minute au maximum). Dispositif abandonné par manque de résultats.*
- [5] *Janvier 2021 : Récupération d'un vieux four à micro-ondes dont j'ai gardé la carcasse contenant le plateau tournant. Création d'un accouplement entre l'arbre du moteur dimensionné par Gabriel et le plateau en verre-pressé du micro-onde.*
- [6] *Février - Début Mars 2021 : Expérience avec un laser parallèle à l'axe optique et pointé sur le miroir de sorte à ce qu'il focalise au foyer pour étudier les variations de la distance focale en fonction de la vitesse de rotation. Vérification de la loi déterminée mi-Novembre. Afin d'éviter la réflexion des rayons sur le verre je tapisse avec un scotch noir le fond du cristalliseur. On observe une fluctuation du point de focalisation révélatrice d'un système un peu instable mais assez proche des attentes pour conclure.*
- [7] *Fin Mars : Expérience avec deux lasers pour vérifier que les deux rayons convergent en un même point, le foyer. Résultats très peu précis car je rencontre des difficultés pour mettre en place*

des rayons bien parallèles entre eux et parallèles à l'axe optique du miroir liquide.

[8] *Mi-Mai 2021 : Expérience similaire à la précédente mais cette fois-ci avec un faisceau élargi de lumière blanche constitué d'une infinité de rayons parallèles entre eux et étude des variations de la distance focale en fonction de la vitesse de rotation. Cette expérience se révèle beaucoup plus précise que celle avec deux lasers, avec notamment de moindres fluctuations, et variations, et un modèle plus proche de la théorie (les rayons focalisent bien en un point cette fois-ci.)*