

ESO - OBSERVATOIRE EUROPEEN DE L'HEMISPHERE SUD

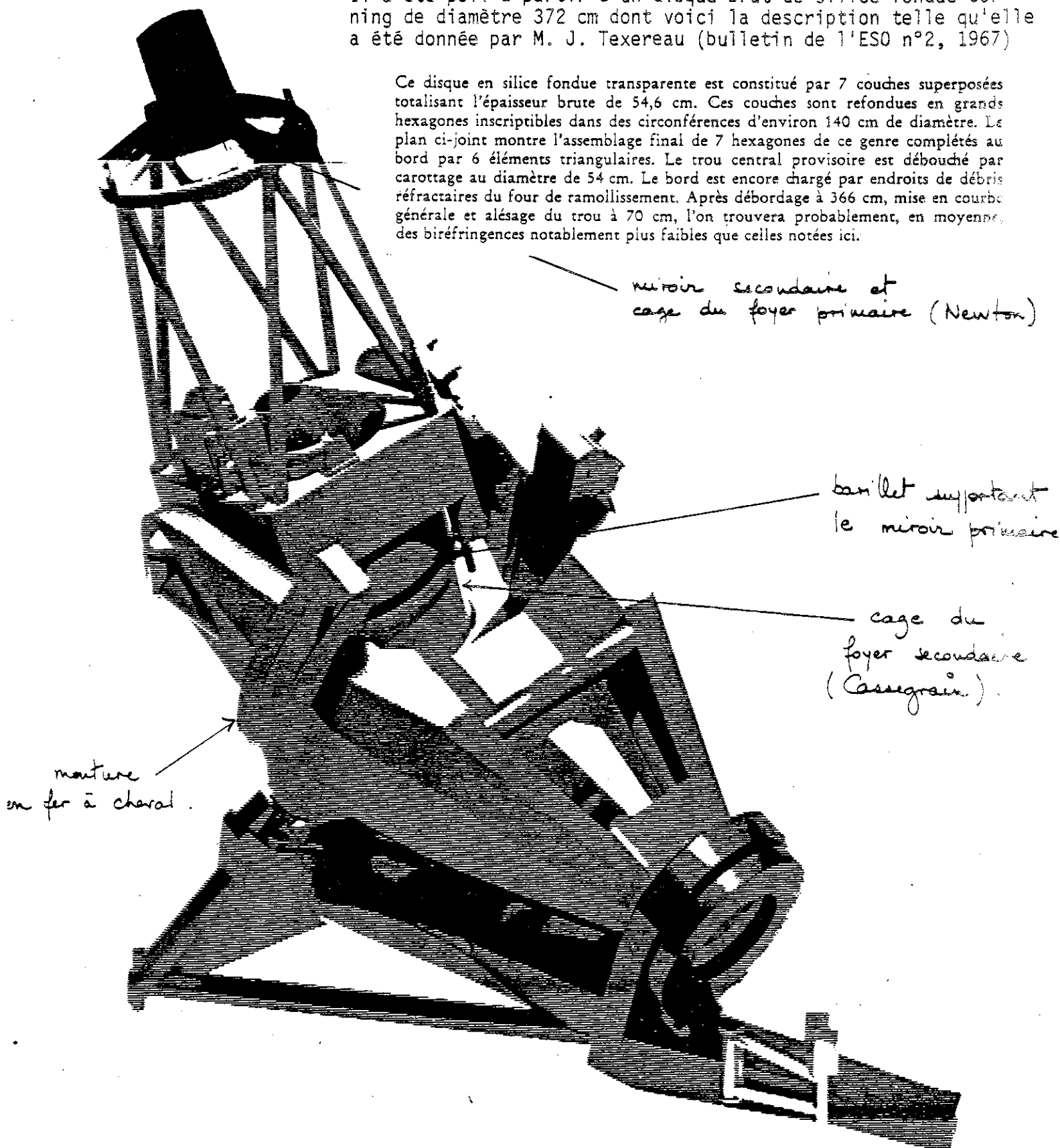
seconde partie: LE TELESCOPE DE 3,6 M

Dans cette seconde partie, nous présentons avec plus de détails ce grand télescope.

a) Le miroir:

Il a été poli à partir d'un disque brut de silice fondue Corning de diamètre 372 cm dont voici la description telle qu'elle a été donnée par M. J. Texereau (bulletin de l'ESO n°2, 1967)

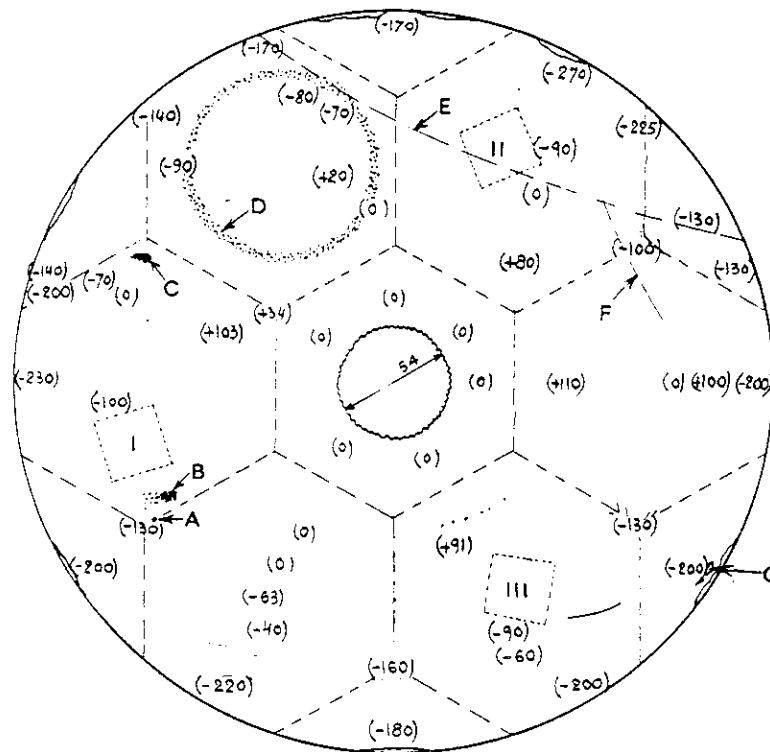
Ce disque en silice fondue transparente est constitué par 7 couches superposées totalisant l'épaisseur brute de 54,6 cm. Ces couches sont refondues en grands hexagones inscriptibles dans des circonférences d'environ 140 cm de diamètre. Le plan ci-joint montre l'assemblage final de 7 hexagones de ce genre complétés au bord par 6 éléments triangulaires. Le trou central provisoire est débouché par carottage au diamètre de 54 cm. Le bord est encore chargé par endroits de débris réfractaires du four de ramollissement. Après débordage à 366 cm, mise en courbe générale et alésage du trou à 70 cm, l'on trouvera probablement, en moyenne, des biréfringences notablement plus faibles que celles notées ici.



L'exceptionnelle qualité de ce recuit est d'autant plus à souligner qu'elle concerne le plus grand disque en silice fondue jamais obtenu et qu'elle s'associe à une amélioration sensible de la qualité des joints verticaux et horizontaux. Les joints horizontaux sont exempts de toute solution de continuité suffisamment étendue pour conduire à une anomalie locale de surfaçage. Les joints verticaux sont toujours affectés par des bulles clairsemées, le plus souvent inférieures à 2 mm; quelques-unes d'entre elles seront coupées par la surface optique et constitueront des lignes de points très espacés. Par contre les tensions dans ces joints deviennent maintenant presque toujours négligeables ou limitées à une aire très petite. Une fissure de première fusion paraît entièrement resoudée sans tension et présente seulement quelques points clairsemés de dévitrification inférieurs à 3 ou 4 mm. Le 28 février, après ébauchage plan de la face et réduction à l'épaisseur 53,35 cm, Espiard et moi avons recherché les imperfections dans la masse susceptibles d'être intersectées ou très proches de la surface optique; les seules notables sont marquées A, B et G sur le plan. Le dénombrement des petites bulles est difficile mais il s'agit ici de défauts très clairsemés et atteignant rarement un diamètre de 2 mm, leur nombre total ne dépassera sans doute pas 200 ou 300 sur la surface finie. L'énergie totale diffractée par ces points crevés sera très inférieure à celle produite par l'obstruction mécanique d'une seule lame support de miroir secondaire; de plus, éparpillée uniformément dans un angle solide considérable, l'on peut dire qu'elle sera inobservable même avec Sirius dans le champ.

Disque brut pour l'ESO; diamètre : 372 cm. Silice fondue Corning.

Vu coté face



Les chiffres tels que (-140) ou $(+91)$ expriment des retards ou des avances en millimicrons pour la direction radiale et toute l'épaisseur de 54,7 cm.

- | | |
|--|--|
| A : inclusion 0,5 cm, point crevé possible; | D : couronne profonde de bulles clairsemées; |
| B : aire 6×3 cm de dévitrification partielle, 2,5 cm sous la surface optique; | E et F : fêlures de première fusion entièrement resoudées sans contraintes. |
| C : aire 4×3 cm de dévitrification partielle dans la seconde couche; | G : témoin surface prof. : 0,16 cm (28 fév. 1967) à l'épaisseur $53,35 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$. |

I : II : III : emplacements des blocs supports dorsaux 30×30 cm.

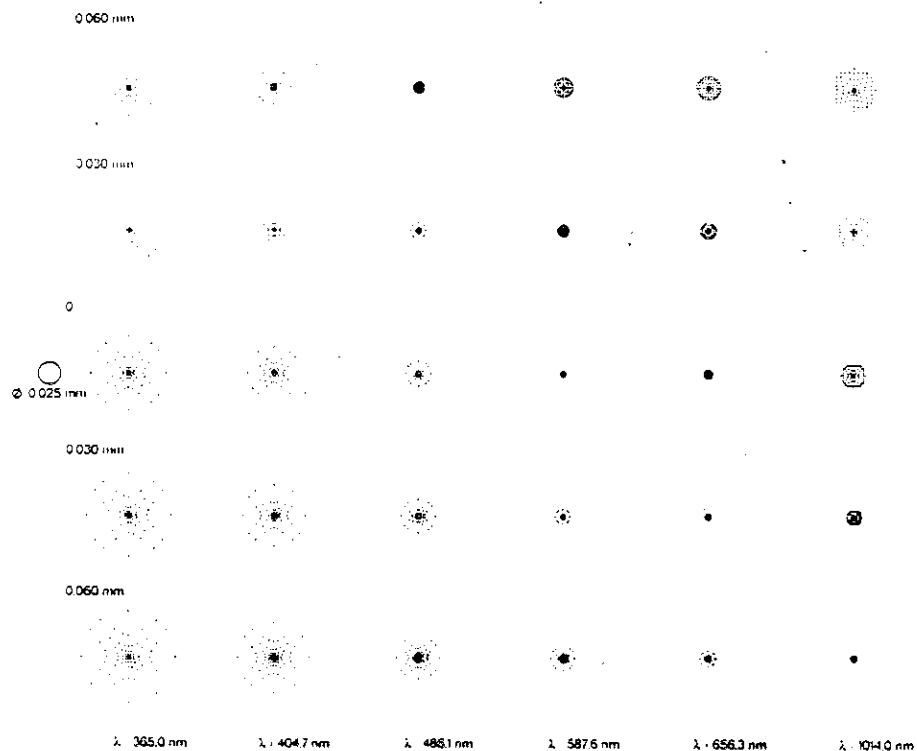


Figure 6 : Foyer Newton, sur l'axe optique. Déformation d'une image ponctuelle en fonction de la longueur d'onde (colonnes différentes) et de la distance au foyer (lignes).

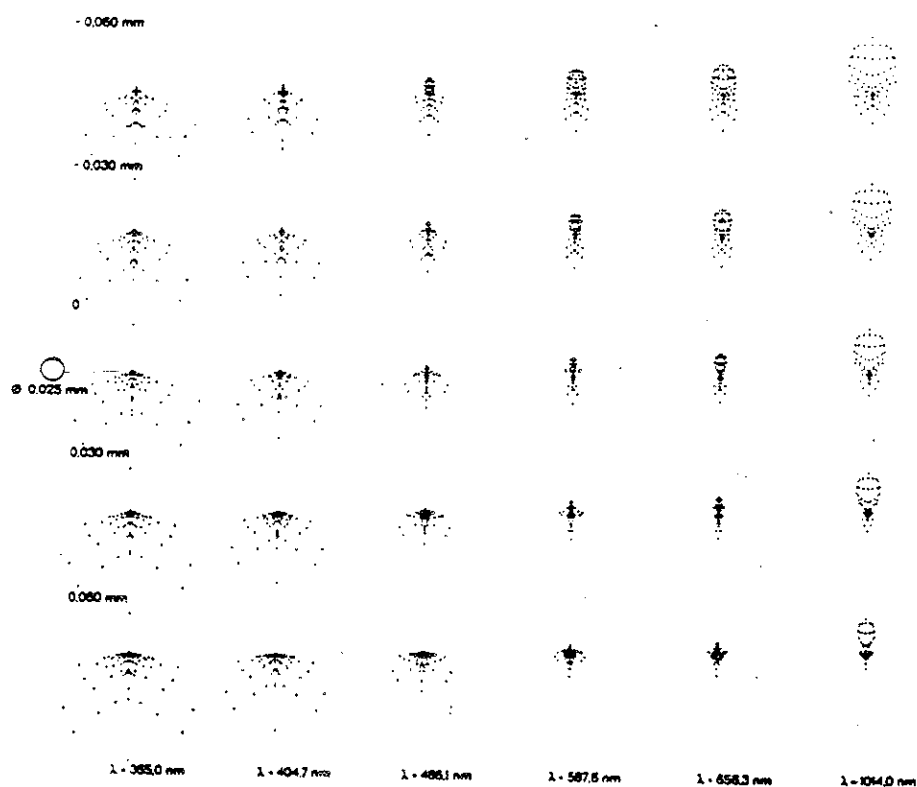


Figure 7 : Même diagramme sur le bord du champ (hors de l'axe optique) pour un angle de champ de 0.35.

Puis une nouvelle couche de silice de bonne qualité d'environ 10 cm d'épaisseur a été déposée sur le disque brut et, après inspection par des membres de l'ESO, dans les ateliers de Corning Glass International à Canton (USA) le 13 juin 1969, le miroir a pris la mer pour les ateliers de la REOSC (France) où il est arrivé à la mi-septembre et aussitôt remis sur la machine à polir. La géométrie du miroir est caractérisée par les grandeurs suivantes:

rayon extérieur	182,8 cm
épaisseur au bord	53,2 cm
épaisseur au centre	45,5 cm
rayon intérieur	35,0 cm

Les constantes de la silice fondue₃ constituant le miroir ont pour valeur:

masse volumique	2,202 g cm ³
module d'Young	0,745 x 10 ⁶ kgf cm ⁻²
coefficient de Poisson	0,17

Une fois le miroir poli, il a été soumis à divers tests optiques pour évaluer ses défauts et qualités optiques. C'est un excellent miroir.

b) Le télescope et sa monture.

Ce miroir de 11 tonnes repose dans un barillet de 13 tonnes et l'ensemble, miroir primaire, miroir secondaire et tube est installé dans une monture en fer à cheval. Cette monture permet au télescope d'effectuer des mouvements autour de deux axes de rotation et ainsi d'atteindre toutes les positions souhaitées sur le ciel. Autour de l'un de ces axes, appelé axe de la terre, s'effectue le mouvement qui sert à compenser la rotation de la terre sur elle-même, lors du guidage sur un objet céleste. L'équilibrage du télescope doit être parfait: pour faire tourner cette masse de 85 tonnes autour de l'un de ses axes (une fois l'inertie du système vaincue) on utilise une puissance de 1100 Watts environ (5 Ampères sous 220 volts) c'est-à-dire moins que la puissance d'un fer à repasser ! Les mouvements du télescope sont commandés par ordinateur: le pointage et le pilotage s'effectuent avec une précision d'une à quelques secondes d'arc.

Le poids total du télescope et de la monture (250 tonnes) représente une demi-rame de TGV... (une motrice et quatre remorques) ! Quelques chiffres encore:

- environ 800 litres d'huile sont utilisés dans les systèmes mécaniques pour réduire au maximum les frottements
- avec les fils électriques alimentant les diverses fonctions du télescope on pourrait relier Paris à Orléans
- la coupole qui protège le télescope pèse 600 tonnes, un peu plus qu'une rame entière du TGV

c) Les foyers

On peut prélever la lumière collectée par le miroir principal en trois points:

- au foyer primaire situé au bout du tube du télescope. Le miroir secondaire est alors supprimé et l'instrumentation (ainsi que l'astronome dans le cas d'appareils non équipés de commande à distance) est installé dans la cage primaire. Ce foyer est utilisé pour les clichés directs nécessitant un grand champ.

- au foyer secondaire, encore appelé foyer Cassegrain situé sous le barillet qui supporte le miroir principal. Dans ce cas, la lumière reçue sur le miroir primaire est renvoyée sur le miroir secondaire et, de nouveau, dirigée vers le bas du tube, traverse le miroir primaire par son orifice central. Les appareils de mesure, spectrographes, photomètres, sont accrochés à la sortie, sous le barillet. Ils peuvent donc être plus lourds et plus volumineux. Le foyer Cassegrain est très utilisé (spectrographie, photométrie...)

- au foyer Coudé: le faisceau lumineux, après réflexion sur le miroir secondaire, est intercepté par un miroir plan et renvoyé latéralement. Puis grâce à un train de mi-

roirs plans, le faisceau est conduit par le pilier jusqu'à la salle du foyer Coudé qui abrite généralement de très gros spectrographes fixes. Ces spectrographes peuvent disperser la lumière jusqu'à des valeurs de 0,1 nm/mm. On comprend que la lumière des seuls objets célestes brillants peut être analysée ainsi.

d) Enfin, signalons une particularité de ce télescope: il lui est adjoint un télescope auxiliaire appelé CAT (Coudé Auxiliary Telescope) de 1,5 m de diamètre. La lumière collectée par le miroir du CAT est dirigée le long d'un tube vers le foyer Coudé du 3,6 m: ce télescope ne peut donc être utilisé qu'avec les spectrographes du foyer Coudé du 3,6 m. C'est un collecteur de lumière supplémentaire que l'on peut utiliser soit seul (lorsque le 3,6 m fonctionne en foyer Newton ou Cassegrain), soit en conjonction avec le 3,6 m. Il se trouve au sommet d'une tour de 24 m de hauteur, formée de deux structures de béton: l'une, intérieure, supporte le télescope; l'autre, extérieure, protège la structure interne des charges du vent et porte la coupole: ainsi, les vibrations de la coupole ne sont pas transmises au télescope. La plupart des bâtiments abritant les télescopes sont construits de cette manière.

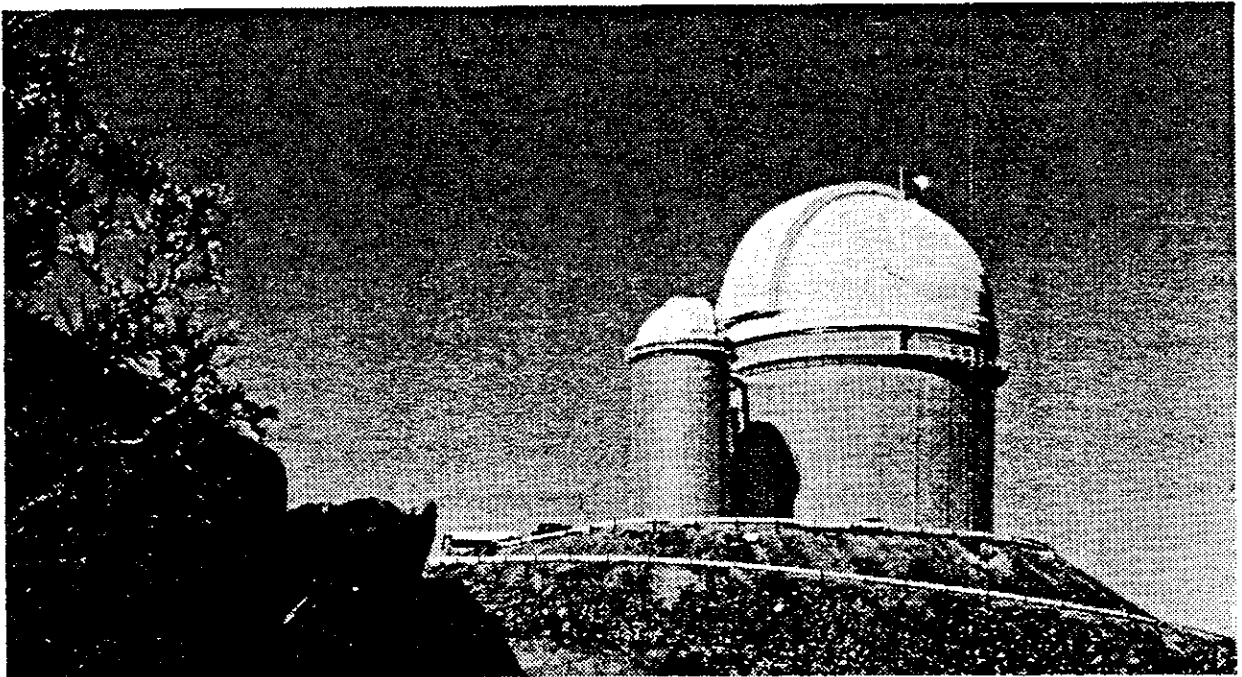


Figure 8 : les coupoles du 3.6 m et du CAT.

Comment se déroule une mission d'observation ?

Lorsque le sujet de recherche sur lequel on travaille nécessite l'obtention d'observations astronomiques, alors on prépare une demande de temps de télescope.

Prenons un exemple: j'essaie de déterminer les abondances relatives d'oxygène et d'azote - par rapport à l'hydrogène - dans des galaxies extérieures. En effet, ces abondances dépendent du nombre de générations d'étoiles qui se sont succédées dans cette galaxie puisque l'oxygène et l'azote, comme tous les atomes autres que l'hydrogène et l'hélium (en partie) sont nécessairement formés au sein d'étoiles.

Pour obtenir ce résultat, une méthode consiste à observer de grandes régions gazeuses où des étoiles jeunes ont été formées récemment (il y a quelques millions d'années seulement). La température élevée de ces étoiles (35 000 à 55 000 K, alors que, pour le soleil, la température est de 5 800 K) entraîne un état particulier de la matière interstellaire qui est restée là, entre les étoiles: la matière est dite

ionisée car les atomes qui la constituent voient leurs électrons des couches les plus externes arrachés. Les atomes ionisés d'hydrogène H^+ et d'hélium He^{++} et He^+ , lorsqu'ils se recombinent, émettent certaines raies caractéristiques; de même, les atomes ionisés d'oxygène ou d'azote, O^{++} , O^+ , N^+ peuvent émettre - dans des conditions particulières de densité et température (densité d'environ 1 000 électrons par cm^3 et température de 10 000 K) - des raies dites "interdites" et dont l'intensité dépend de l'abondance de l'élément chimique oxygène ou azote dans le gaz. La détermination de ces abondances est très importante pour comprendre comment une galaxie évolue au cours du temps cosmique.

Donc, il faut mesurer les intensités de ces raies, i.e. analyser au moyen d'un spectrographe la lumière émise par ces régions. On sélectionne, à partir de catalogues et atlas photographiques, les galaxies dans lesquelles on peut trouver ces grandes régions de formation d'étoiles. Ensuite on écrit une demande à l'ESO

- en présentant le programme scientifique, son intérêt et les justifications théoriques pour une telle étude.
- en donnant la liste des objets que l'on veut étudier, leur brillance et leur position (coordonnées) sur le ciel.
- on choisit le télescope et l'instrumentation qui permettront cette étude, dans ce cas un spectrographe équipé d'un détecteur moderne, le tout au foyer Cassegrain du télescope de 3,6 m. Puis on fait une estimation du nombre d'heures d'observation nécessaires pour mener à bien ce programme.

Cette demande est envoyée 6 mois à l'avance. Elle est examinée par un "Comité des Programmes". Environ une demande sur trois seulement est retenue. En cas de réponse favorable, un certain nombre de nuits est alloué (entre 2 et 15 nuits d'observation en moyenne) sur une période qui dépend des coordonnées des objets et des conditions de lune demandées (la lumière de la lune gêne pour l'observation d'objets faibles). Arrivé au moment des observations, on part donc à La Silla en ayant préparé soigneusement cartes de champ (pour repérer facilement au télescope les objets à étudier), planning du travail de nuit... et l'on espère que le ciel ne sera pas nuageux ou le vent trop fort ! Si tout se passe bien on revient avec une valise pleine de bandes magnétiques ou de clichés (photographiques ou électrographiques) dans son observatoire d'origine pour dépouiller tous ces résultats, corriger des diverses altérations qu'elle a subies (atmosphère de la terre, instrumentation) la lumière émise initialement par l'objet et puis réfléchir sur les résultats de ces observations, voir ce qu'ils apportent de nouveau ou d'inattendu et quels autres problèmes ils soulèvent à leur tour.

Danièle ALLOIN

Références pour la préparation de cet exposé

Bulletin de l'ESO n°1 à n°8 (1966 à 1971)
Rapport annuel de l'ESO (1969)
Rapport technique de l'ESO n°13(1979)

Note de la Rédaction: nous remercions l'ESO qui nous a autorisés à reproduire les illustrations qui accompagnent l'ensemble de cet article.

= = = = =

METTEZ VOTRE PLANETAIRE A L'HEURE

Au 1er janvier 1983, les longitudes héliocentriques des planètes étaient les suivantes:
Mercure: $23^{\circ}26'$; Vénus: $313^{\circ}14'$; Mars: $342^{\circ}23'$; Jupiter: $234^{\circ}37'$; Saturne: $207^{\circ}34'$.