

EUROPEAN SOUTHERN
OBSERVATORY



BULLETIN NO. 2

The Governments of Belgium, the Federal Republic of Germany, France, the Netherlands, and Sweden have signed a Convention¹⁾ concerning the erection of a powerful astronomical observatory on October 5, 1962.

By this Convention a European organization for astronomical research in the Southern Hemisphere is created. The purpose of this organization is the construction, equipment, and operation of an astronomical observatory situated in the Southern Hemisphere. The initial program comprises the following subjects:

1. a 1.00 m photoelectric telescope,
2. a 1.50 m spectrographic telescope,
3. a 1.00 m Schmidt telescope,
4. a 3.50 m telescope,
5. auxiliary equipment necessary to carry out research programs,
6. the buildings necessary to shelter the scientific equipment as well as the administration of the observatory and the housing of personnel.

The site of the observatory will be in the middle between the Pacific coast and the high chain of the Andes, 600 km north of Santiago de Chile, on La Silla, at an altitude of 2400 m.

¹⁾ The ESO Management will on request readily provide for copies of the Paris Convention of 5 October 1962.

Organisation Européenne pour des Recherches Astronomiques
dans l'Hémisphère Austral

EUROPEAN SOUTHERN
OBSERVATORY



BULLETIN NO. 2

August 1967

Edited by European Southern Observatory, Office of the Director
21 Am Bahnhof, 205 Hamburg 80, Fed. Rep. of Germany

ESO BULLETIN NO. 2

CONTENTS

A. Baranne: Le Télescope de 3,50 m de diamètre	5
H. Köhler: The optical system for the 3.5 m Telescope	13
J. Texereau en collaboration avec J. Espiard: Examen du disque en silice fondue de 372 cm pour « European Southern Observatory »	37
A. Bayle et Ch. Fehrenbach: Recherche expérimentale d'un barillet anti- flexion pour un grand miroir astronomique	41
A. Couder: Miroirs et supports	51
J. Ramberg: The building activity of ESO	55

LE TELESCOPE DE 3,50 m DE DIAMETRE

A. Baranne

Les progrès de l'Astronomie et plus particulièrement de l'Astrophysique sont dus en grande partie à la perfection avec laquelle sont réalisés les grands télescopes paraboliques modernes.

En trois siècles d'utilisation, les diamètres d'instruments du même type que ceux de Newton ou de Cassegrain ont été augmentés graduellement jusqu'à des dimensions que n'auraient pas osé espérer leurs auteurs.

Le télescope de 5 m du Mont Palomar, résultat parfait de longues années d'effort, est le géant de ce type d'instruments. Ses dimensions imposantes, l'expérience acquise depuis sa mise en service démontrent qu'il serait difficile de faire mieux ou plus grand.

Les difficultés de réalisation sont nombreuses et croissent très rapidement avec la taille de l'instrument. Citons les principales :

- Obtention d'un disque de verre ou de silice de la qualité et du diamètre requis.
- Exécution d'une surface parabolique avec toute la précision utile.
- Contrôle des déformations des pièces optiques ou mécaniques dues aux variations de température ou au variations des flexions.

Le progrès des techniques fait que les astronomes peuvent faire face sereinement à ces difficultés mais les performances et la rentabilité de ce genre de télescope resteront limitées par deux facteurs que nous allons examiner : la turbulence atmosphérique et le champ.

La turbulence atmosphérique

Le pouvoir résolvant angulaire n'augmente pas dans la même proportion que le diamètre. Il est limité par la turbulence atmosphérique qui ne saurait être nulle.

On sait que ce phénomène provient de ce qu'on observe à travers des couches d'air de densité différente, donc d'indice différent et que ces couches d'air sont toujours en mouvement. A l'œil nu ou en photographie instantanée le pouvoir séparateur maximum observable est de l'ordre de 0"2. En fait en astrophysique, nous n'observons plus à l'œil nu et la photographie instantanée est peu employée, réservée essentiellement à l'étude de phénomènes solaires ou planétaires évoluant rapidement avec le temps. La plaque photographique qui enregistre les photons pendant de longues heures de pose et nous permet ainsi d'étudier une information beaucoup plus lointaine, montre, après développement, des images stellaires de l'ordre d'une seconde d'arc dans les meilleurs cas.

Ceci veut dire que si pour l'opticien l'instrument parfait est l'instrument qui permet d'atteindre la limite permise par la diffraction, pour l'astronome l'instrument parfait est l'instrument qui n'augmente pas le flou photographique provoqué par la turbulence atmosphérique.

Ces deux limites sont évidemment d'autant plus éloignées que l'instrument a un plus grand diamètre:

$$\varepsilon = 12''/D, \quad D: \text{diamètre en centimètres,}$$

ε donne le pouvoir résolvant théorique. Ainsi le 5 mètres du Mont Palomar aurait un pouvoir résolvant inférieur à 0"03; ceci ne peut pas être le cas et le pouvoir résolvant maximum est accessible hélas avec des instruments de diamètre beaucoup plus modeste.

Le champ

Le paraboloïde de révolution est parfaitement stigmatique par définition pour le point de son axe situé à l'infini; il n'est pas aplanétique. Ceci veut dire que le faisceau de rayons parallèles provenant d'une étoile converge en un point bien déterminé de la plaque seulement si cette étoile est sur l'axe du télescope, que ce télescope soit un Newton à un seul miroir parabolique ou un Cassegrain, combinaison d'une parabole et d'une hyperbole.

Dès que l'étoile est en dehors de l'axe, les rayons sur la plaque ne passent plus par un seul point mais se répartissent dans une tache d'aberrations d'autant plus grande que l'étoile est plus éloignée de l'axe. C'est le défaut de coma ou d'aigrette qui limite le champ utilisable en déformant l'image due à la turbulence. Comme son nom l'indique, par son manque de symétrie ce défaut est très vite gênant quand on s'écarte du centre du champ.

Si nous appelons champ total d'un télescope l'angle solide au delà duquel la tache de diffusion géométrique a une dimension supérieure à 0"5, dans le cas du télescope Newton ou Cassegrain on peut écrire:

$$\text{champ total exprimé en minutes d'arc} = \frac{\Omega^2}{10}, \quad \Omega \text{ étant l'ouverture relative de la combinaison.}$$

On peut être étonné de la petitesse des champs que cela représente en millimètres sur une plaque photographique. Calculons pour fixer les idées les dimensions utilisables des clichés pris aux foyers de quelques grands télescopes. Ces valeurs sont données dans le tableau ci-dessous (p. 7).

Les foyers Newton sont donc inutilisables sans une optique auxiliaire; dès 1934 F. E. Ross proposait le correcteur de coma qui équipe aujourd'hui tous les foyers Newton des grands télescopes paraboliques. Sans entrer dans le détail on peut tout de même dire que ce correcteur se compose de deux à trois lentilles sphériques suivant l'importance de l'ouverture. La coma est supprimée mais d'autres aberrations sont introduites, l'aberration sphérique entre autres. Cette aberration est moins gênante puisque l'image reste de révolution, le champ est plus vaste mais le centre de ce champ n'est plus parfait. Néanmoins, l'existence de ce correcteur rend utilisables les foyers très ouverts; les éléments nous manquent pour donner

Le Télescope de 3,50 m de diamètre

exactement la valeur des champs atteints sur les télescopes déjà cités. Nous dirons que des images rondes d'une seconde d'arc seraient observables aux foyers Newton dans des champs dix fois plus grands linéairement.

Diamètre du télescope et site	Ouverture et combinaison	Champ angulaire	Dimension du cliché pour la focale utilisée
5 m Mt Palomar U.S.A.	F/3,3 foyer Newton	1'	5 mm pour 16,5 m
	F/9 foyer Cassegrain	8'	108 mm pour 45 m
1,93 m Observatoire de Haute-Provence	F/5 foyer Newton	2,5'	7,5 mm pour 10 m
3,50 m Observatoire Européen Austral Chili en projet	F/3 foyer Newton	54"	3 mm pour 10,5 m
	F/8 foyer Cassegrain	6,5'	55 mm pour 28 m

Les besoins de l'Astrophysique d'aujourd'hui

Ce gain en champ est considérable et pourtant cela ne suffit pas encore. Pour le prouver, il est tentant d'évoquer ici un problème récent, peut-être le plus important du moment : l'étude des radiosources quasistellaires ou des galaxies quasistellaires. Il s'agit vraisemblablement des objets les plus lointains que l'homme ait jamais étudiés. De leur distribution dans l'espace, de leur structure, l'astronome tirera une connaissance accrue de l'Univers, c'est-à-dire des renseignements concernant la masse, la densité, les dimensions de cet Univers.

Pour l'instant, le matériel d'observation est insuffisant; comment repère-t-on ces objets? Ils présentent un fort excès d'ultra-violet. Cette propriété facilite l'identification parmi les autres étoiles du champ : deux photographies sont prises entre 3900 et 5000 Ångströms et entre 3200 et 3900 Ångströms, les temps de pose étant ajustés de façon que la majorité des étoiles ait la même intensité sur ces plaques. Les astres anormalement bleus apparaissent alors sur la deuxième plaque et il est évident que si un des objets précédemment décrits existe dans le champ, on le découvrira après avoir pris le spectre des astres sélectionnés par ce procédé.

Quand on sait qu'il n'existe que quelques-unes de ces « quasars » par degré carré, que leur éclat apparent est très faible et qu'aux foyers des grands télescopes alors nécessaires, l'astronome ne dispose que de champs si petits, on comprend l'ampleur du travail. On comprend que l'augmentation du champ soit un besoin fondamental de l'astrophysique moderne. I. S. Bowen, Directeur de l'Observatoire du Mont Palomar, a montré qu'un champ de un degré était nécessaire au foyer Newton, un champ de trente minutes au foyer Cassegrain d'un grand instrument.

Le télescope à grand champ

Des champs de cette importance condamnent l'emploi, devenu classique, de la forme parabolique du miroir principal. Améliorer le champ obtenu par Ross ne peut se faire qu'en compliquant beaucoup son correcteur car il est évident que doubler le nombre de lentilles ne revient pas à doubler le champ. La présence dans cette optique auxiliaire de verres peu transparents à l'ultra-violet fait perdre en efficacité lumineuse ce qu'on gagne en champ.

H. Chrétien, le grand opticien français, qui fut aussi astronome, démontra en 1922 qu'une combinaison Cassegrain pouvait être aplanétique, c'est-à-dire dépourvue de coma, si les deux miroirs classiques étaient légèrement déformés. Le champ du foyer Cassegrain était donc augmenté ; de plus, les images au bord de ce champ étaient rondes ce qui est tout de même plus utilisable que des images dissymétriques. Quelques télescopes Chrétien furent réalisés tant en France qu'aux U.S.A. par Ritchey, d'où le nom de télescope Ritchey-Chrétien. Ils furent peu ou mal utilisés, on connaît très mal leur histoire. En fait, dans un télescope Ritchey-Chrétien le champ du foyer Cassegrain n'est pas tellement plus grand que dans la combinaison classique parce que la surface focale est concave vers la lumière incidente et les plaques photographiques planes ne permettent donc pas d'utiliser l'aplanétisme dans les meilleures conditions. En outre, le miroir principal n'étant plus parabolique, l'observation à son foyer devient impossible.

Un autre opticien français, M. Paul, montrait dès 1935 que la forme légèrement hyperbolique du miroir principal était favorable à une correction dioptrique de meilleure qualité que dans le cas de la parabole.

L'Observatoire Européen Austral, pour le grand télescope de 3,50 m de diamètre fit appel à une équipe franco-allemande d'opticiens, industriels et universitaires : Köhler et son équipe des Etablissements Zeiss, Oberkochen; Wellmann, Groth de l'Université de Munich; Paul, Pourcelot et Baranne de l'Observatoire de Marseille. En deux ans d'une collaboration étroite et soutenue, des solutions nouvelles ont été étudiées et décrites dans diverses publications.

Ce qui avait été demandé par les astronomes de l'ESO a été atteint.

Le foyer Cassegrain ouvert à F/8 a un champ plan de 30' pour une définition image de 0"3. Grand miroir et miroir secondaire correspondant à ce foyer s'écartent très peu des formes primitivement calculées par Chrétien. Une lentille très proche du foyer Cassegrain supprime les aberrations résiduelles (astigmatisme et courbure) (voir schéma ci-dessous).

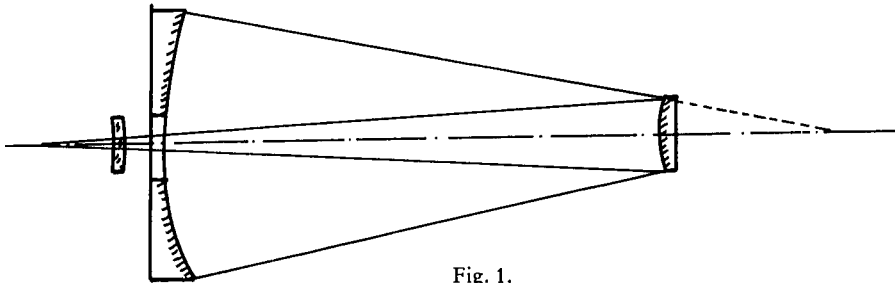


Fig. 1.

Le Télescope de 3,50 m de diamètre

Le foyer primaire ouvert à F/3 a un champ quasiment plan de 1° pour une définition image de 0"5. Pour des raisons mécaniques on laisse ce champ très légèrement convexe vers la lumière incidente.

Deux solutions très différentes ont été données : la première est un correcteur dioptrique à trois lentilles, la deuxième face du correcteur étant légèrement asphérisée ; la deuxième solution consiste en une addition de lames de Schmidt (voir schéma ci-dessous). Les deux solutions sont satisfaisantes au point de vue théorique.

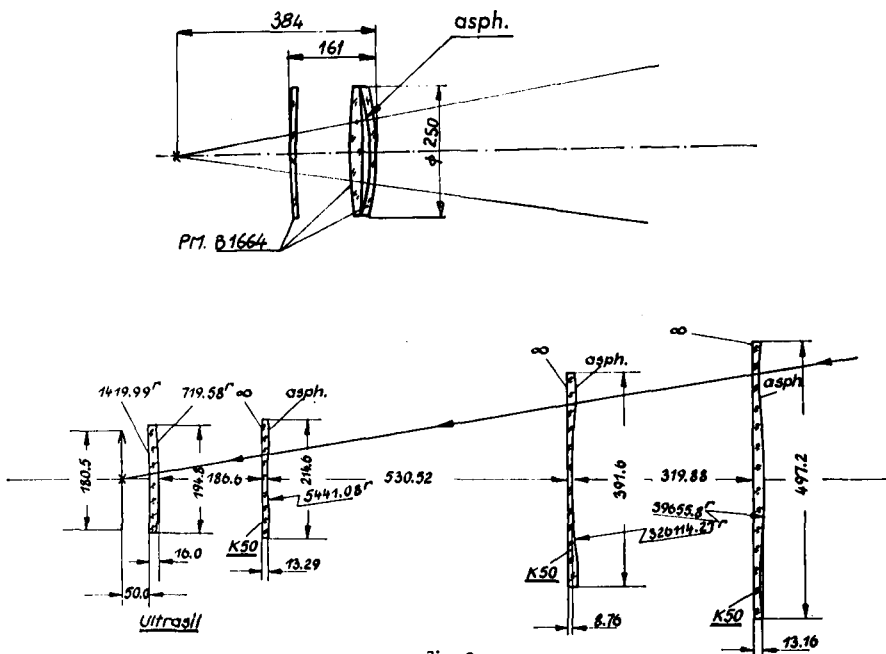


Fig. 2.

Les difficultés de réalisation d'un télescope à grand champ

Le calcul est une chose, disposer d'un instrument réalisé en bon état de marche en est une autre. Quelles sont les difficultés que l'on peut rencontrer lors de la réalisation ? Personne ne sait grand-chose à ce sujet puisqu'un tel travail n'a jamais été entrepris. Ce que l'on reproche à ce genre de combinaison est en général mal défini et ne résiste pas à l'analyse.

Au point de vue de la construction mécanique, il a souvent été dit que la combinaison Chrétien manifestait une sensibilité excessive aux flexions de monture, qu'elle était difficile à centrer. Nous avons soumis ce problème au calcul en comparant avec un télescope parabolique de mêmes éléments paraxiaux : les tolérances aux flexions sont strictement les mêmes dans les deux cas. Cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas de problème mais seulement que le problème à résoudre serait le même pour un télescope classique. A titre d'indication, disons que le parallélisme des axes des deux miroirs doit être maintenu pendant la pose à

quelques vingt secondes d'arc près; si ces axes restent parallèles, leur distance ne doit pas dépasser 0,3 mm. Ces tolérances sont évidemment sévères mais ces deux défauts peuvent se compenser, c'est un problème de mécanique en cours d'étude.

Au point de vue du surfaçage du grand miroir lui-même, on a dit qu'il était difficile à contrôler. La critique serait valable dans le cas d'un miroir de petites dimensions où l'on contrôle la taille à l'aide d'un miroir plan : grâce au stigmatisme de la parabole par autocollimation, un point au foyer donne une image ponctuelle voisine si la surface usinée est correcte.

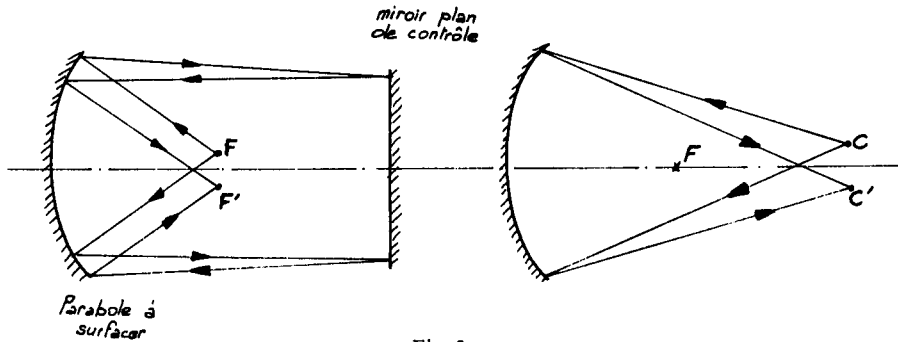


Fig. 3.

Pour un miroir de dimensions importantes, il est évident que l'opticien ne commence pas par surfaçer un miroir plan du même diamètre; comment procède-t-il ? Il vérifie les propriétés de la surface en cours de polissage, au centre de courbure. Un point lumineux au centre de courbure donne une image voisine qu'on étudiera. Cette image n'est ponctuelle évidemment que si la surface à polir est une sphère; pour la parabole elle présentera une aberration. Les rayons provenant de points de la surface différemment éloignés du sommet coupent l'axe optique en des points différents. L'opticien contrôlera le miroir en cours d'exécution suivant des calculs pré-établis, couronne par couronne. De grandes maisons d'optique simplifient encore les choses en utilisant pour le contrôle au centre de courbure une optique auxiliaire fort simple qui annule cette aberration de sphéricité (voir schéma ci-dessous).

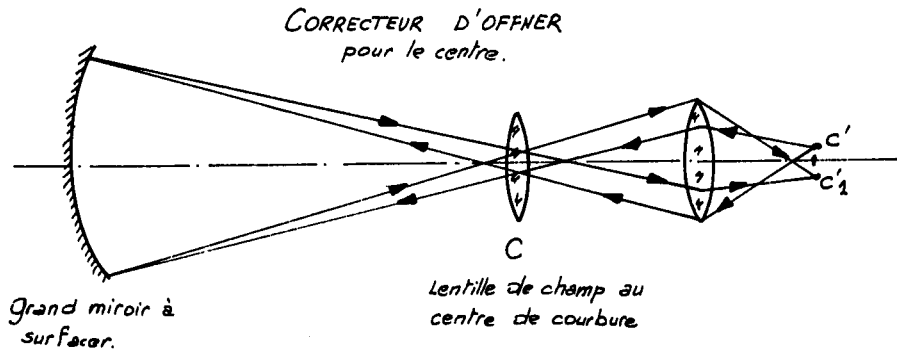


Fig. 4.

Le Télescope de 3,50 m de diamètre

Une lentille de champ au centre de courbure projette l'image du miroir sur une lentille compensatrice d'aberration sphérique. Le contrôle est fait en lumière monochromatique, raie verte du mercure en général, pour ne pas être gêné par le chromatisme du système. Un point lumineux en C' donnera une image voisine absolument dépourvue d'aberrations.

Dès lors, on conçoit bien que si la surface du grand miroir est légèrement déformée, ce sont les calculs qui changent, ce sont les caractéristiques optiques du correcteur qui en seront légèrement affectées. Le principe de contrôle restera identiquement le même. L'opticien qui surface et qui contrôle pourrait même rester ignorant de la forme obtenue, il saura que cette forme est correcte si l'image est ponctuelle.

Comme nous l'avons dit précédemment, ce télescope de 3,50 m est en cours de réalisation.

Le site est choisi, la solution optique est définitivement arrêtée, les disques de silice nécessaires commandés.

Dans l'immédiat, la commission des instruments de l'ESO met la dernière main au projet de monture, au projet de bâtiment, à l'installation spectrographique. Dans quelques années le 3,50 m sera opérationnel, et les astronomes européens sont très impatients de se servir d'un instrument qui sera parmi les plus puissants du monde.

Dr. A. Baranne, Observatoire
de Marseille, 2, Place le
Verrier, Marseille 4^e, France

THE OPTICAL SYSTEM FOR THE 3.5 m TELESCOPE¹⁾

H. Köhler

1. Preliminary remarks

Following the request of the Instrumentation Committee (IC) of ESO two groups of scientists who are working independently of each other were entrusted with the calculations for the optical system of the 3.5 m Telescope. The French group comprising A. Baranne, G. Courtès, and A. Pourcelot worked at the Observatoire de Marseille. The German group comprised staff members of the Zeiss Works in Oberkochen, and was led by the author. W. Buberl, E. Glatzel, and R. Wilson were mainly concerned with this work. The work was taken up at the beginning of 1962. On 14 May 1963 the results obtained by both groups were exchanged and discussed at a meeting of the Instrumentation Committee. During this meeting the decision was made that the quasi-Cassegrain system with field flattening lens, as suggested by the author, be provided for the final system. As of this date two entirely different solutions were followed up for the work in the direct focus.

The results of the German team are given below. The results of the French team—in particular the form of correction system for observations in direct focus which they found—will be dealt with separately.

Between 1962 and 1966 the author has reported about the following investigations in various colloquia and lectures.

2. Tasks

According to the resolutions of the Instrumentation Committee, which in the main correspond to I. W. Bowen's recommendations²⁾, the instrument is to be used with one and the same primary mirror in the usual three combinations, i. e., in the Cassegrain focus, in the direct (Newton) focus, and in the coudé focus. In all three cases the following requirements should be met:

- a) in the Cassegrain focus for an aperture ratio of 1:8, arrangement similar to the system of Ritchey-Chrétien, rear focal intercept about 1.4 m. Field: $\pm 0^{\circ}25$ (diameter of the image plane 245 mm), permissible vignetting at the edges 75 %/o. This first combination is hereinafter called the "quasi-Cassegrain system".

¹⁾ Dr. C. G. Wynne at the Imperial College of Science, London, was kind enough to read the manuscript of this paper. It is satisfying to know that he independently checked and confirmed the calculations.

²⁾ References at the end of the paper.

- b) in the direct (Newton) focus for an aperture ratio of 1:3 by using an afocal correction system. Field: $\pm 0^{\circ}5$ (diameter of the image plane 180 mm), permissible vignetting at the edges 75 %. This combination is hereinafter called the "quasi-Newton system".
- c) in the coudé focus for an aperture ratio of 1:30, desired field: $\pm 2'$ (diameter of the image plane 120 mm), hereinafter called the "quasi-coudé system".

The following demands were set as regards the permissible diameter of the circle of diffusion caused by residual aberrations:

- a) for the quasi-Cassegrain system $0''4 = 60 \mu$
- b) for the quasi-Newton system $0''5 = 25 \mu$
- c) for the quasi-coudé system $0''5 = 250 \mu$

We should like to make it quite clear that the demands set for the dimensions of the image field and the correction of extra-axial aberrations can by far not be realized with conventional systems of the Cassegrain and Newton type. With a classical Cassegrain system the effective field at $f/8$ is only $\pm 2'5$, and with the same parabolic primary mirror alone working at $f/3$ the field is only $\pm 0'3$. Since with the classical mirror system the coma is the decisive extra-axial aberration, the task is to find aplanatic systems for which apart from this the astigmatism is compensated as far as possible.

3. Principal statements on the solution of the problem

Aplanatic two-mirror systems with which Cassegrain and coudé arrangements respectively can be realized according to sections a) and c) of the task have already been known for a long time (cf. Ref.: Chrétien, Köhler, Paul, Ritchey, Schwarzschild, Slevogt, Theissing). Also systems consisting of a concave mirror with dioptric correction elements in the convergent path of rays which offer a solution to section b) of the task, have already been known for a long time (cf. Ref.: Köhler, Lagrula, Paul, Ross, Slevogt, Sonnefeld, Wynne). In this regard it had to be investigated whether all three parts of the task could be solved with the same primary mirror, that is, with a primary mirror of equal focal length and with an equal aspheric meridian curve. An examination by M. Paul (1935) dealing extensively with the theory of image errors of the third order of such systems, shows that such a possibility exists. The author also indicates formulae to compute systems as requested in this case.

Since M. Paul's theoretical solutions have not yet been realized in practice, the task was now to produce such a solution on the basis of ray-tracing calculations.

4. The quasi-Cassegrain system

Since, according to the investigation of Bowen, the Cassegrain arrangement is the most important form of the instrument, the designing work was started with this system. It follows that the number of optical glass elements should be a minimum for this form and the field correction should be as good as possible. Consequently, a Ritchey-Chrétien system was proposed. But it can be shown that a classical Ritchey-Chrétien system will not give quite an adequate field correction since such a system has too much astigmatism. This can easily be shown following an analysis given by Theissing and Zinke (1948).

The optical system for the 3.5 m Telescope

They showed that not only the deformation coefficients of the two mirrors but also the resulting astigmatism of the system are functions of the diameter ratio D_1/D_2 . D_1 is the diameter of the primary mirror, D_2 the diameter of the secondary mirror.

If, however, the distance \bar{s}_2' between the secondary focus and the vertex of the primary mirror is definitely fixed and the focal length for the primary mirror determined (in accordance with the task b)), there will be no choice with regard to the ratio D_1/D_2 , on the contrary D_1/D_2 automatically results from the values given above.

The Gauß dioptrics yield the following relation:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{f_1' + f'}{f_1' + s_2'} \quad (1)$$

where f' means the total focal length and f_1' the focal length of the primary mirror. If

$$f' = 28 \text{ m}, f_1' = 10.5 \text{ m and } \bar{s}_2' = 1.4 \text{ m},$$

the diameter ratio D_1/D_2 will be = 3,22.

Fig. 1 shows the necessary deformation b of the two mirrors, and the astigmatism, plotted against the ratio D_1/D_2 .

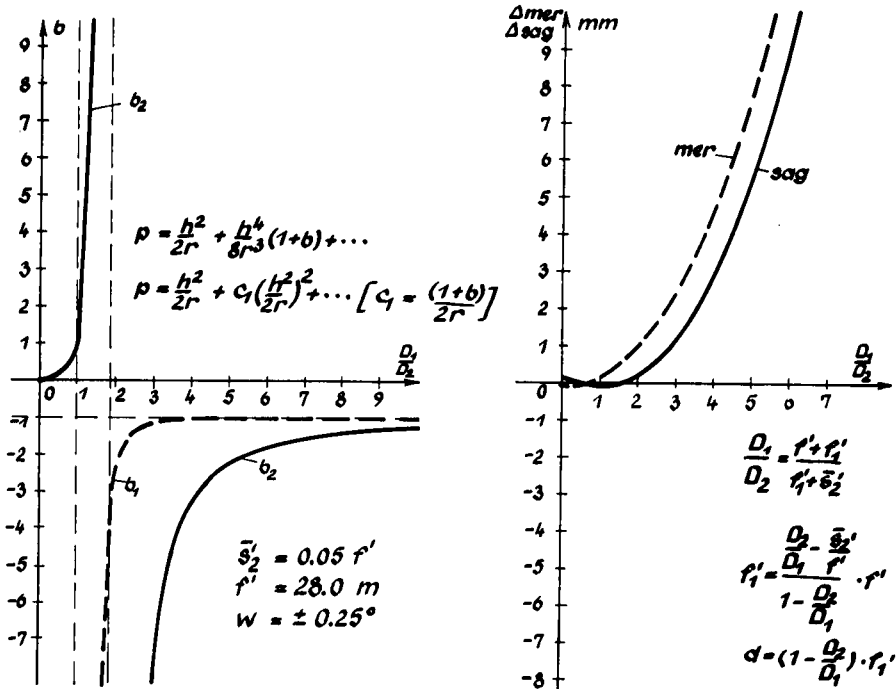


Fig. 1: Some relations relating to aplanatic two mirror system.

The deformation constants b_1 and b_2 are defined as by Schwarzschild (1905) according to which the meridian curve of a deformed surface is given by the following formula:

$$x = \frac{y^2}{2r} + \frac{y^4}{8r^3} (1 + b) \quad (2)$$

where r is the vertex radius of the meridian curve.

The curves are valid for the case of an image plane situated at a distance 5 % of the focal length behind the vertex of the main mirror, a focal length of 28 m, and a field angle of $0^\circ 25'$. For a D_1/D_2 ratio of about three, the system has an astigmatism of about 1.5 mm and a field curvature of about 1.8 mm. This astigmatism corresponds to a distribution disc considerably larger than that required, even if a bent photographic plate is used. A field flattening lens is necessary to correct the field curvature.

As was pointed out by the author in several lectures mentioned above, there was found that such a lens arranged at a small distance from the focus is capable of correcting not only the field curvature but also the astigmatism.

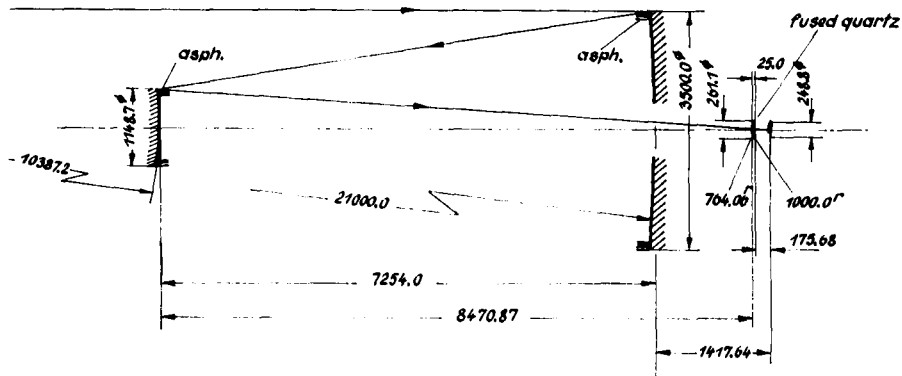


Fig. 2: Optical lay-out of the quasi-Cassegrain system $f' = 28,9$ m, 1:3.

Fig. 2 shows the optical system. The field flattening lens is 175 mm in front of the focus. Both mirrors are aspheric. The aspheric meridian curves are represented by the following polynomials:

$$p = \frac{h^2}{2r} + c_1 \left(\frac{h^2}{2r} \right)^2 + c_2 \left(\frac{h^2}{2r} \right)^3 \quad (3)$$

where p means the abscissa coordinate, h the height (ordinate) in the meridian section, and r the vertex radius. The numerical values for r can be gathered from Fig. 2, whereas constants c have the following values:

For the primary mirror: $c_1 = + 3.462593 \cdot 10^{-6}$

For the secondary mirror: $c_1 = - 2.778223 \cdot 10^{-4}$
 $c_2 = + 1.427665 \cdot 10^{-7}$

The optical system for the 3.5 m Telescope

Table 1 Aberration coefficients of the quasi-Cassegrain system

v	r_v	d_v	h_v/h_1	p_v	I_v	II_v	III_{a_v}	P_v
1	-0.7250	0.2504	1	-0.725	5.248	-3.805	2.759	-2.759
2	0.3586	0.2925	0.3101	-0.896	-1.917	1.717	-1.537	5.577
3	-0.0264	0.0009	0.0068	26.200	-0.007	-0.173	-4.522	-11.946
4	-0.0345		0.0063	18.472	0.005	0.088	1.628	9.128
1*				θ_1 0	-6.011	0	0	0
2*				θ_2 0.810	2.682	2.173	1.760	0
$f = 1$				$\Sigma:$	0	0	0.088	0

$$\Sigma IV_{a_v} = 0.176 \quad \Sigma III_v = 0.263 \quad \Sigma IV_v = 0.088$$

Table 1 shows the third order aberration coefficients. (Nomenclature by H. Köhler [1949].)

The values indicated refer to a focal length reduced to 1. The table gives the aberration coefficients and at the bottom the sums of the image errors of third order.

These are their meanings:

- I. Coefficient for spherical aberration.
- II. Coefficient for coma.
- III. Coefficient for meridian aberration.
- IV. Coefficient for sagittal aberration.
- III. a Coefficient for astigmatism.
- IV. a Coefficient for image field curvature.
- V. Coefficient for distortion.

The first two lines designated with 1 and 2 refer to those aberration coefficients which belong to spherical mirror surfaces. The amounts which have to be added to the above mentioned coefficients due to the use of aspheric surfaces, are indicated in the last two lines designated with 1* and 2*.

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta L'_k \text{ mer}}{f'} &= -\frac{1}{2} m_1 (m_1^2 + M_1^2) \cdot \sum_v^k I_v \text{ (spherical aberration)} \\
 &+ \frac{1}{2} (3m_1^2 + M_1^2) \text{tg} w_1 \cdot \sum_v^{1k} II_v \text{ (coma)} \\
 &- \frac{1}{2} m_1 \text{tg}^2 w_1 \cdot \sum_v^k III_v \text{ (meridional aberration)} \\
 &+ \frac{1}{2} \text{tg}^3 w_1 \cdot \sum_v^{k1} IV_v \text{ (distortion)}
 \end{aligned} \tag{4a}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta L'_k \text{ sag}}{f'} &= -\frac{1}{2} M_1 (m_1^2 + M_1^2) \cdot \sum_v^k I_v \text{ (spherical aberration)} \\
 &+ m_1 M_1 \text{tg} w_1 \cdot \sum_v^{k1} II_v \text{ (coma)} \\
 &- \frac{1}{2} M_1 \text{tg}^2 w_1 \cdot \sum_v^{k1} IV_v \text{ (sagittal aberration)}
 \end{aligned} \tag{4b}$$

To avoid misunderstandings, the formulae (4) demonstrate the relationship between the actual image errors and the aberration coefficients. In this illustration m_1 and M_1 are the ray coordinates in the entrance pupil, whereas w_1 is the angle of the principal ray. The conditions shown here refer to an object positioned at infinity.

The coefficients show how the field flattening lens corrects not only the field curvature but also the astigmatism (the sum III a) without increasing the other image defects.

The optical system for the 3.5 m Telescope

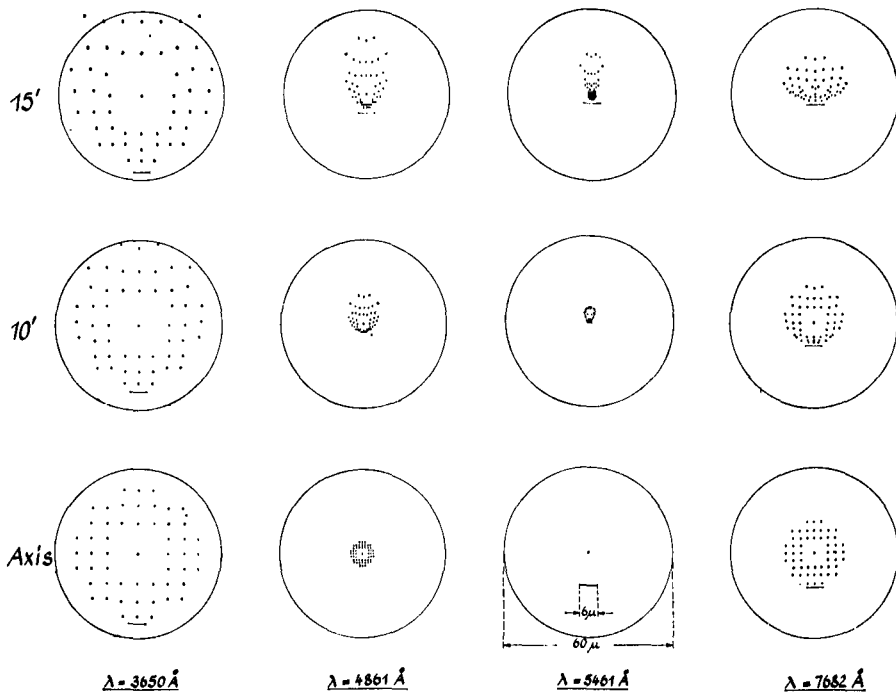


Fig. 3: Spot diagrams of the quasi-Cassegrain system.

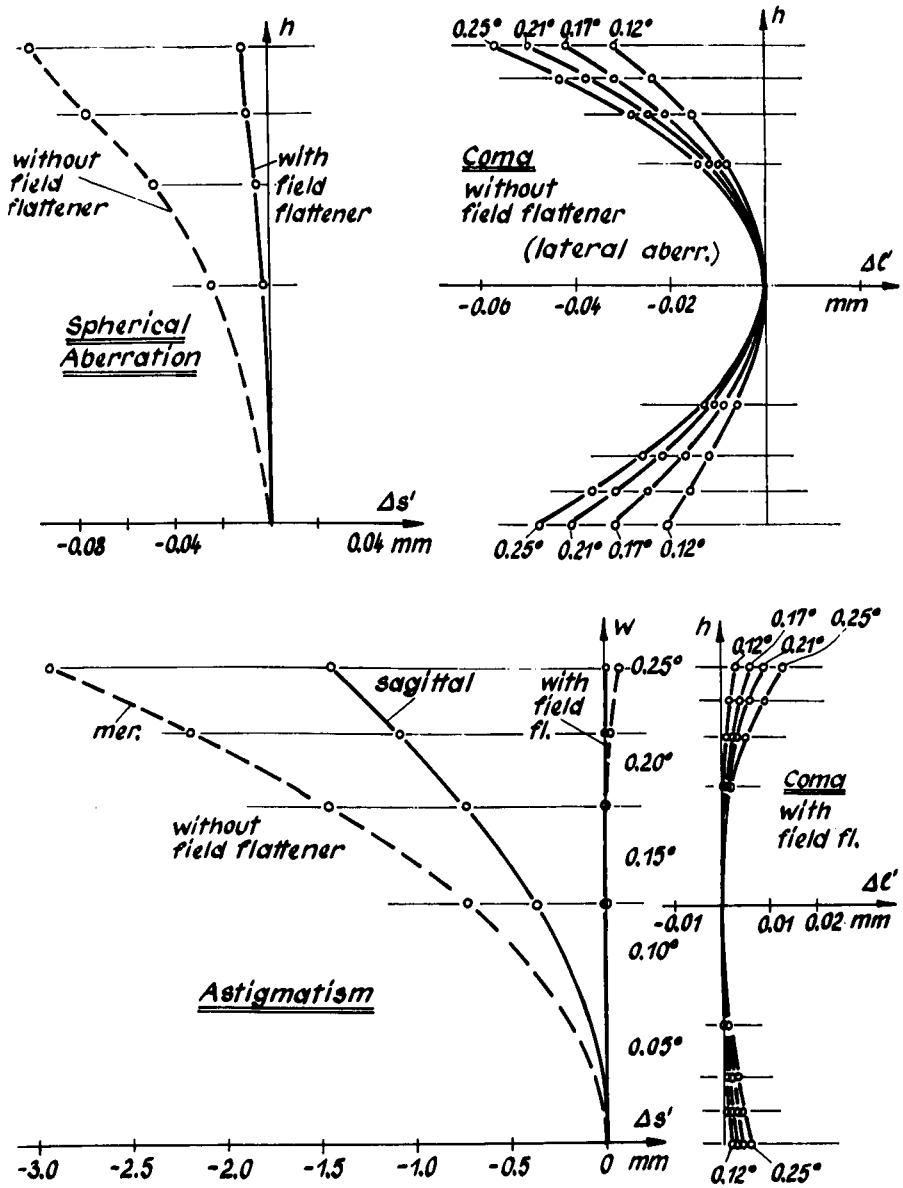


Fig. 4: State of monochromatic correction of the quasi-Cassegrain system. (The spherical aberration and astigmatism are shown as longitudinal aberrations, the coma is shown as lateral aberration.)

The optical system for the 3.5 m Telescope

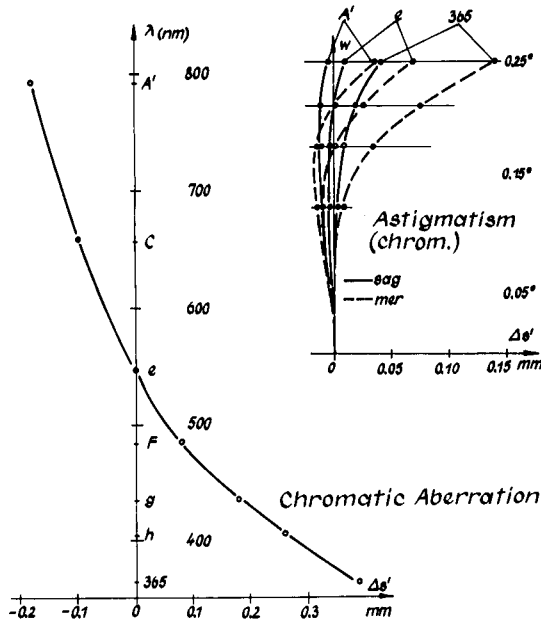


Fig. 5: The longitudinal chromatic aberration and the astigmatism curves for three different wave-lengths. (The wave-lengths are:

365 : $\lambda = 3\ 650\ \text{\AA}$
 e : $\lambda = 5\ 461\ \text{\AA}$
 A' : $\lambda = 7\ 682\ \text{\AA}$.)

Fig. 3 gives the results in the form of spot diagrams for the ranges of 3650 Å to 4861 Å and 5461 Å to 7682 Å respectively, focused for 5461 Å in both cases. The spot diagrams were produced by tracing 50 rays distributed over the pupil according to a rectangular grid system. For the whole range 3650 Å to 7682 Å the disc is smaller than 60 microns.

Fig. 4 shows the conventional aberration curves for the monochromatic aberrations, Fig. 5 the chromatic correction.

As can be gathered from the scheme of the aberration coefficients (Fig. 3) and the representation of the correction (Fig. 4), the system is optimally corrected for use with a field flattening lens. This refers mainly to the form of the aspheric meridian curves of the mirrors.

However, as is further shown by Fig. 4, the state of correction in the axis is quite adequate without field flattening lens (the spread of the spot diagram in the axis is smaller than 60 μ). This is of importance if, e. g., with spectrographic examinations, no dioptric elements are to be used.

5. The quasi-Newtonian system

With regard to this system the task was to find for the principal mirror, which was absolutely defined by the statements in the aforementioned section, a correction system of dioptric elements in the convergent path of rays which meets the requirements laid down in section 1. Contrary to the French team which, under the leadership of A. Baranne, followed M. Paul's solution (1935) (cf. also section 2), we were looking for quite different solutions. We did so mainly because the afocal correction element suggested by M. Paul consists of two components of relatively high refractive power. It was thus not quite clear whether with such a system an adequate chromatic correction could be obtained. Baranne will indicate in his paper how the French team succeeded in obtaining a useful correction with this type of system.

First of all, we designed a lens doublet corrector, with one aspheric surface at a greater distance from the focal plane than the system of Paul and Baranne. Our system had a diameter of 600 mm. The arrangement is shown in Fig. 6.

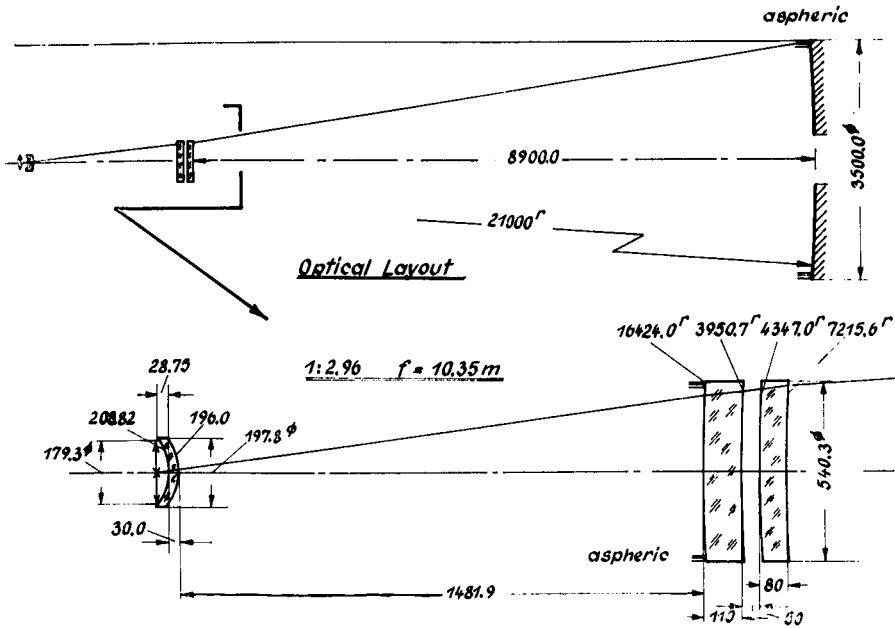


Fig. 6: Quasi-Newtonian system with lens doublet corrector.
(First stage of the development.)
 $f = 10.35 \text{ m}$, $1:2.96$.

The complete correcting system consists of two lenses and a field flattening lens. With this system we reached a distribution disc of about 50 microns for a wave-length range from about 4000 \AA to 6500 \AA , but the system made use of one lens of dense flint glass resulting in absorption losses which were not acceptable.

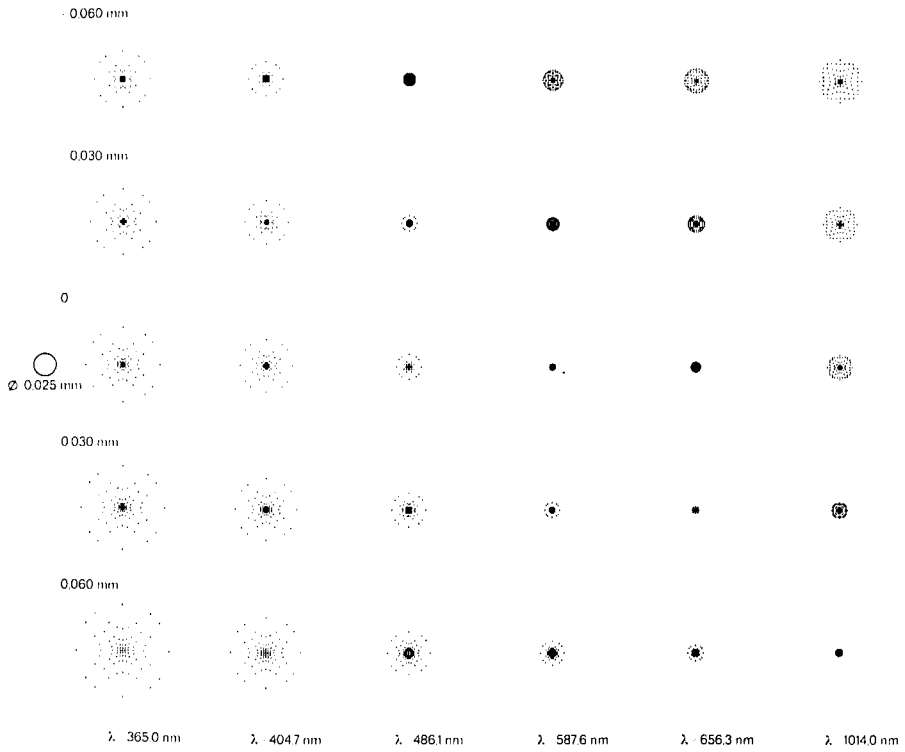


Fig. 8: Spot diagrams of the quasi-Newtonian system for the axis.
 (The columns correspond to different wave-lengths, the rows to different focus positions for the image plane.)

The optical system for the 3.5 m Telescope

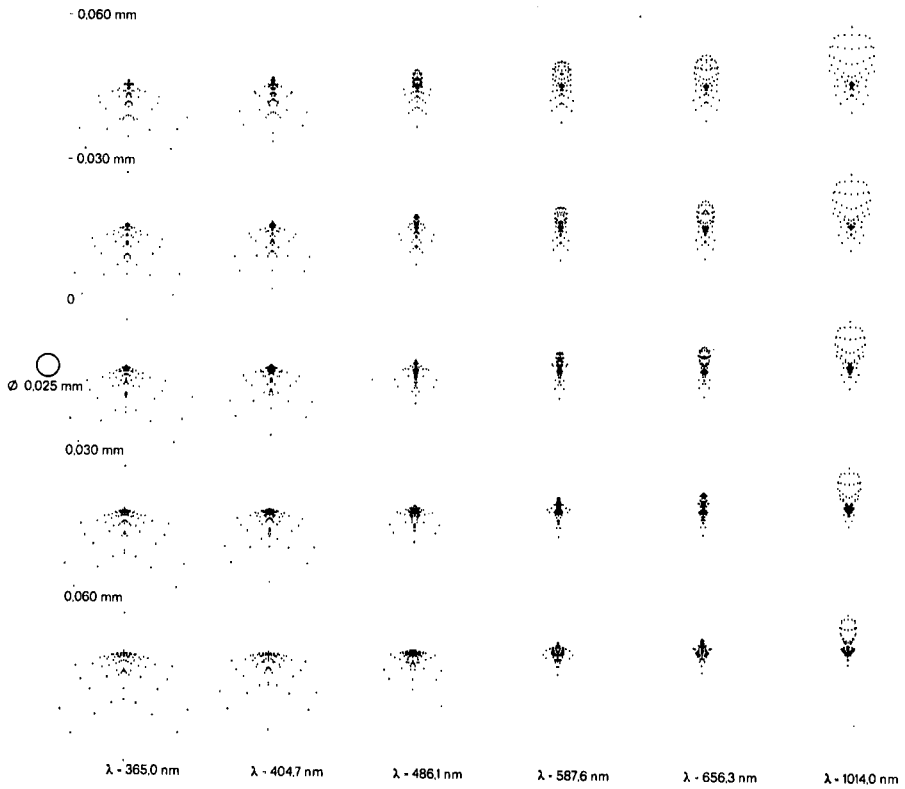


Fig. 9: Spot diagrams of the quasi-Newtonian system for a field angle of $w = 0^\circ 35'$.

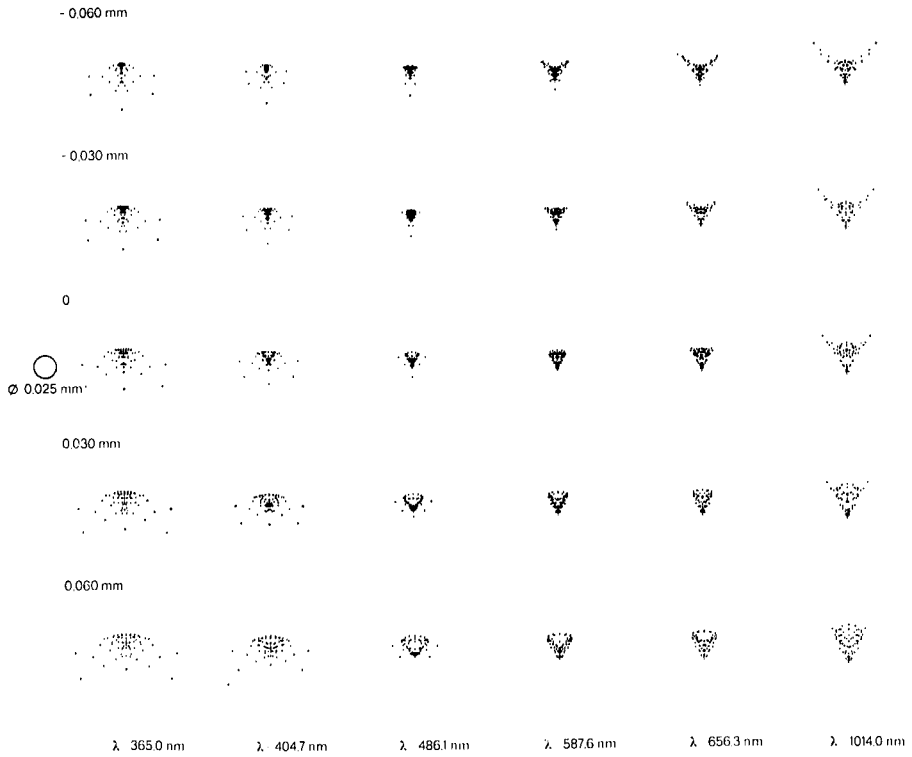


Fig. 10: Spot diagrams of the quasi-Newtonian system for the edge of the field ($w = 0^{\circ}5$).

The optical system for the 3.5 m Telescope

Fig. 7 shows the resulting system. The diameter of the largest plate is 500 mm. The constants in the polynomials of the aspheric meridian curves have the following values:

1st plate (largest)	$C_1 = -7.959781 \cdot 10^{-1}$
	$C_2 = -5.111687 \cdot 10^{-2}$
2nd plate	$C_1 = +3.249476 \cdot 10^2$
3rd plate	$C = -5.929364 \cdot 10^{-1}$

Figs. 8, 9, and 10 show spot diagrams for the wave-length range 3650 Å to 10140 Å. The spot diagrams were produced by tracing 80 rays distributed over the pupil according to a rectangular grid system.

For the axis ($w = 0^\circ$) and for the edge ($w = 0^\circ 5'$) 75 % of all spots lie within a circle with a diameter of 25 μ , i. e., 75 % of the energy in the image plane passes through a circle having a diameter of 25 μ . For the zone of the image field ($w = 0^\circ 35'$) this has been achieved only for a wave-length range between about 4500 and 5500 Å. For the whole spectral range, the diameter of the circle through which 75 % of the energy passes is larger, i. e., 39 μ .

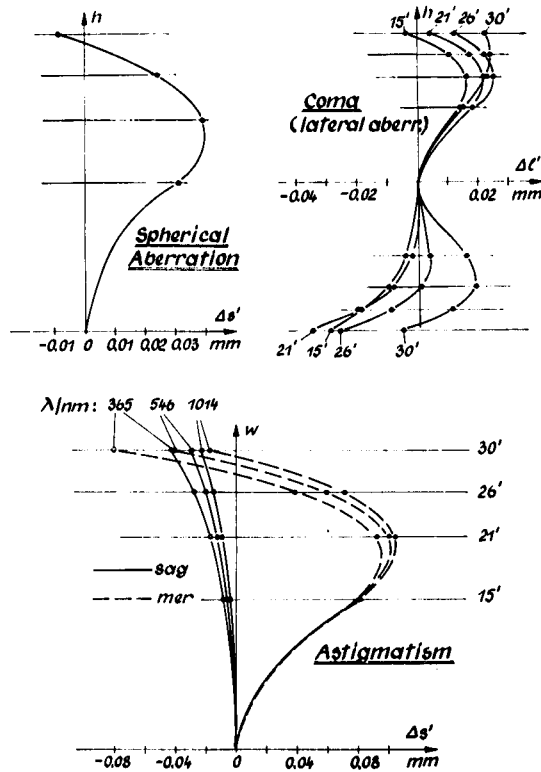


Fig. 11: The state of correction of the quasi-Newtonian system.

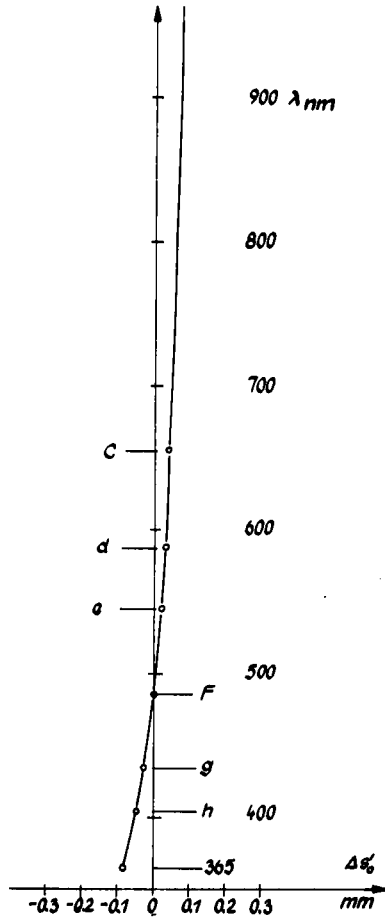


Fig. 12: Chromatic longitudinal aberration of the quasi-Newtonian system.

Fig. 11 shows the monochromatic aberration curves for spherical aberration and coma including the astigmatic correction. Fig. 12 shows that the longitudinal chromatic aberration is only 0.2 mm between 3650 Å and 10,000 Å.

The optical system for the 3.5 m Telescope

Table 2 Aberration coefficients of the quasi-Newtonian system. (The last four lines correspond to the amounts of the aberration coefficients due to the aspherical deformation of the mirror [1*] and the correction plates [2* to 6*].)

ν	r_ν	d_ν	h_ν/h_1	p_ν	I_ν	II_ν	$III_{a\nu}$	P_ν
1	-2.025	0.903	1	-2.025	0.241	-0.488	0.988	-0.988
2	3.824	0.001	0.108	-1.288	-0.055	0.071	-0.092	0.090
3	-964.22	0.031	0.108	-0.872	0.061	-0.054	0.047	0
4	-31.444	0.001	0.077	-0.842	-0.044	0.037	-0.031	-0.011
5	-964.22	0.051	0.076	-0.888	0.043	-0.038	0.034	0
6	-0.525	0.001	0.024	0.927	-0.015	-0.014	-0.013	-0.656
7	-964.22	0.018	0.023	-1.910	0.012	-0.024	0.046	0
8	0.069	0.002	0.006	-18.445	-0.002	0.043	-0.799	4.542
9	0.137		0.005	-6.109	0.002	-0.014	0.088	-2.302
1*			θ_1	0	-0.276	0	0	0
2*			θ_2	8.377	-0.080	-0.671	-5.620	0
4*			θ_4	12.239	0.120	1.466	17.938	0
6*			θ_6	40.222	-0.008	-0.328	-13.202	0
$f = 1 \quad \Sigma:$					-0.001	-0.014	-0.618	0.677

$$\Sigma IV_{a\nu} = -0.560 \quad \Sigma III_\nu = -1.178 \quad \Sigma IV_\nu = 0.058$$

Table 2 shows the third order aberration coefficients. As is evident also from Table 2, all the coefficients are corrected except the astigmatism. The astigmatic zone is necessary for the correction of higher order aberrations. It can be said that this system fulfils the conditions laid down.

6. The coudé system

The calculation of an arrangement for working at the coudé focus presents no serious difficulties. It is only necessary to give the secondary mirror such a form that the spherical aberration is corrected. Coma and astigmatism are then adequately corrected for the small field of 4'.

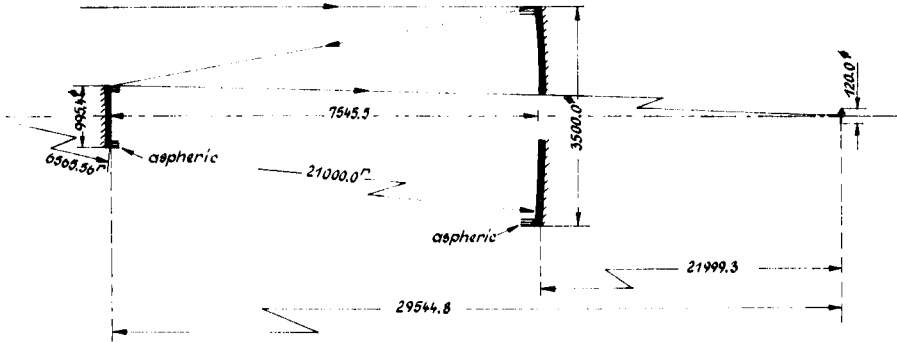


Fig. 13: Coudé system $f' = 105$ m, 1:30.

Fig. 13 shows the schematic drawing of the final arrangement for the coudé system. The aspheric meridian curve of the secondary mirror is also given in the form of a polynomial, namely:

$$p = \frac{h^2}{2r} + c_1 \left(\frac{h^2}{2r} \right)^2 + c_2 \left(\frac{h^2}{2r} \right)^3 + c_3 \left(\frac{h^2}{2r} \right)^4 \quad (4)$$

whereby

$$\begin{aligned} c_1 &= -9.16944 \cdot 10^{-5} \\ c_2 &= +2.78354 \cdot 10^{-8} \\ c_3 &= -4.54793 \cdot 10^{-10} \end{aligned}$$

Fig. 14 shows a conventional representation of the correction. It can be gathered from this figure that the spherical aberration and the astigmatism lie within the Rayleigh criterion (Rayleigh criterion for defect of focus: 0.9 mm, for spherical aberration: 7.2 mm). The coma which cannot be corrected under the given conditions without providing for dioptric elements, does not lie within the Rayleigh criterion. However, as can be gathered from the illustration on the right above in Fig. 14, the largest coma deviation is 200μ , that is in fact less than required (demand 250μ , corresponding to 0".5).

The optical system for the 3.5 m Telescope

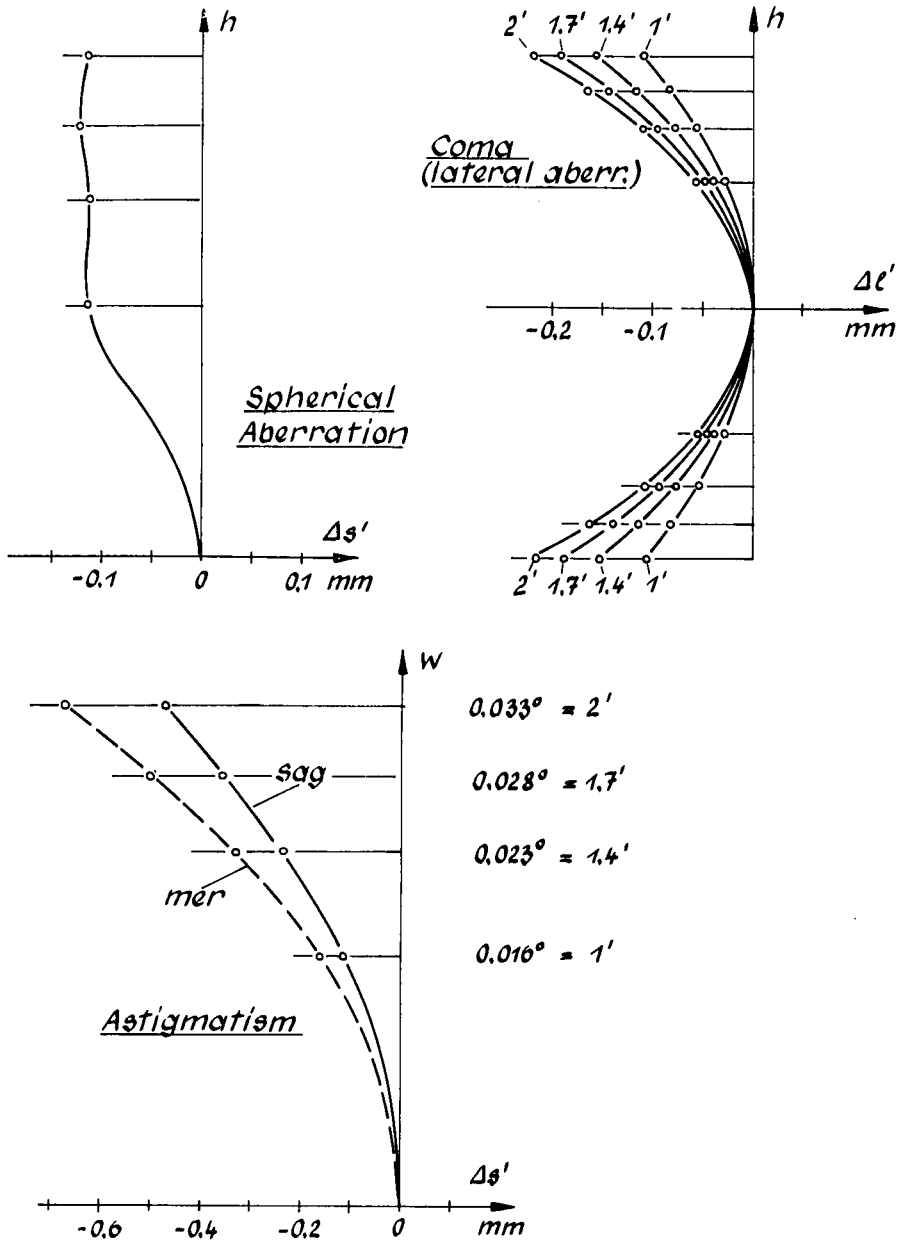
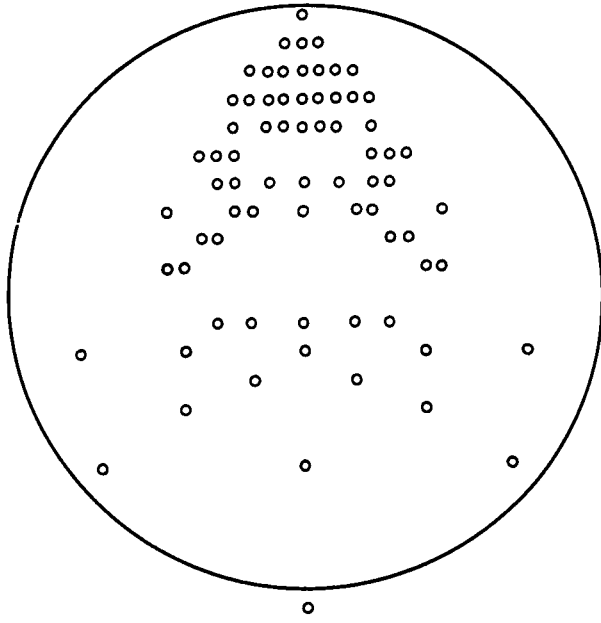
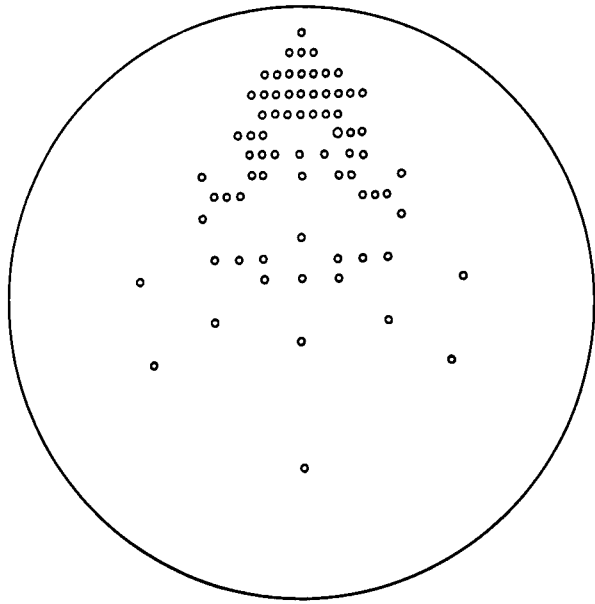


Fig. 14: State of correction of the coudé system.

H. Köhler



2'



1'4



axis

Fig. 15: Spot diagrams of the coudé system.

Fig. 15 shows the appertaining spot diagrams for the angular fields 0', 1'4, and 2'. They are a proof for what has been said above. As can be seen, the tolerance circle (diameter 240 μ , corresponding to 0".47) is just being achieved at an angular field of 2'.

7. General remarks

The deviations of the aspheric meridian curves from the adjacent spherical surface are of interest from a technical point of view. This difference reaches a maximum of 0.14 mm for the primary mirror, 0.065 mm for the secondary mirror for the quasi-Cassegrain system, and 0.015 mm for the coudé system. The sagittae of the meridian sections of the aspheric plates have the following maximum values:

1st aspheric plate (largest)	0.3 mm
2nd aspheric plate	1.06 mm
3rd aspheric plate	1.72 mm

There were also made a number of computations to establish the sensitivity of the different elements to decentering. The results are given below for those centering errors which entail a deterioration of the ray distribution figure by 0".2. In other words, we have calculated those values for the centering errors that result in a meridional coma of 27 microns in the image plane for the quasi-Cassegrain arrangement and of 10 microns for the quasi-Newtonian arrangement. This deterioration is brought about by the following centering errors:

- a) Quasi-Cassegrain arrangement: By displacing the mirrors laterally against each other by 2.1 mm; by inclining only the primary mirror by 10" or by inclining only the secondary mirror by 42".
- b) Quasi-Newtonian arrangement: By displacing the complete aspheric corrector system laterally relative to the mirror axis by 0.45 mm. The same effect is introduced by a lateral displacement of the most sensitive aspheric plate (the second) by 0.13 mm; by an inclination of the mirror by an angle of 10" as in the Cassegrain case; or by tilting the complete aspheric corrector consisting of the three plates by 3'.7. The most sensitive correcting plate (the middle one) can be tilted through 16' for the same deterioration.

These numerical values indicate that it should be possible to construct an instrument of the type described above.

REFERENCES

- | | |
|-------------|--|
| I. S. Bowen | 1961, Problems in future telescope design. Publications of the ASP 73, 114—124. |
| H. Chrétien | 1927, Le télescope de Newton et le télescope aplanétique. Rev. d'Opt. 1, p. 13 and 49. |

H. Köhler

- E. Glatzel
1961, Ein neues Verfahren zur automatischen Korrektur optischer Systeme mit elektronischen Rechenmaschinen. *Optik* 18, 577 bis 582.
1966, Adaptive automatic correction. Paper given at the Lens Design Conference, Rochester, on 7. 7. 1966.
- E. Glatzel
and R. Wilson
1966, Comparison of the damped least squares method and the adaptive method of Glatzel. Paper given at the Lens Design Conference, Rochester, on 7. 7. 1966. *Appl. Optics* to be published.
- H. Köhler
1949, Die Entwicklung der aplanatischen Spiegelsysteme. *Astron. Nachr.* 278, 1—23.
- J. Lagrula
1942, Le problème de la correction des aberrations d'un miroir par un système réfracteur auxiliaire. *Rev. d'Opt.* 21, 141.
- A. B. Meinel
1953, *ApJ* 118, 335.
- M. Paul
1935, Systèmes correcteurs pour réflecteurs astronomiques. *Rev. d'Opt.* 14, 169—202.
- G. W. Ritchey
1927, *BSAF* 41, 529.
1927, *C. R.* 185, p. 266 and 1024.
1927, *Trans. Opt. Soc.* 29, 197.
1928, *BSAF* 42, 27.
1928, *J RAS Canada* 22, 159.
1930, *C. R.* 191, 22.
1930, L'évolution de l'astrophotographie. St. Gobain.
- G. W. Ritchey
et H. C. Chrétien
1927, *BSAF* 41, 541.
- F. E. Ross
1935, Lens system for correcting coma of mirrors. *ApJ* 81, 156.
- D. H. Schulte
1966, Anastigmatic Cassegrain Type Telescope. *Appl. Optics* 5, 309.
1966, Prime Focus Correctors Involving Aspherics. *Appl. Optics* 5, 313.
- K. Schwarzschild
1905, Untersuchungen zur geometrischen Optik, Teil II (Theorie der Spiegelteleskope). Göttinger Abhandlungen NF 4, Nr. 2.
- H. Slevogt
1942, Über eine Gruppe aplanatischer Spiegelsysteme. *Zeitschr. f. Instrkde.* 62, 312.

The optical system for the 3.5 m Telescope

- | | |
|--------------------------------|---|
| A. Sonnefeld
und H. Slevogt | 1942, Deutsches Bundespatent Nr. 906 153, angemeldet 11. 6. 1942. |
| H. Theissing
und O. Zinke | 1948, Übersicht über die Schar der aberrations- und komafreien Doppelspiegelsysteme, ihren Restastigmatismus und ihre Abschattung. <i>Optik</i> 3, 451. |
| C. G. Wynne | 1949, Field correctors for parabolic mirrors. <i>Proc Phys Soc</i> 62, 772—787.
1965, <i>Appl. Optics</i> 4, 1185. |

Prof. Dr. H. Köhler
792 Heidenheim an der Brenz,
Sauerbruchstraße 6, Germany

EXAMEN DU DISQUE EN SILICE FONDUE DE 372 cm
POUR « EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY »¹⁾

J. Texereau

en collaboration avec J. Espiard

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.

Ce plan des biréfringences fut établi les 22 et 23 février. Le disque reposait sur 3 blocs recouverts de garniture souple, placés à l'aplomb de la zone 0,7, totalisant une surface de 2 790 cm². La pression mécanique résultante de 4,6 kg/cm² ne paraît pas affecter les mesures pour une traversée perpendiculairement aux faces, seules les traversées suivant toute l'épaisseur montrent un effet local d'environ un demi ordre à l'aplomb de ces blocs supports.

Normalement aux faces la mesure s'effectue entre polaroïdes, axes croisés à 45° du rayon du miroir passant par le point considéré. Après m'être assuré, avec un prisme de Babinet, que la biréfringence est inférieure à un ordre j'interpose une bilame de Bravais donnant la teinte sensible de premier ordre (565 m μ), les deux moitiés ont leurs axes lents respectivement parallèle et tangentiel au rayon du disque donc la teinte sensible vire dans des sens opposés de l'échelle dès que la plus faible biréfringence existe dans le disque; je mesure cette biréfringence par une méthode de compensation en interposant une échelle de nombreux paliers successifs en triacétate, précalibrés par la méthode du quart d'onde (environ 16 m μ par marche), il suffit de lire l'indication inscrite sur le palier qui rétablit la teinte sensible simultanément dans les deux plages de la bilame. La précision de ces mesures est de ± 5 m μ , mais les échanges thermiques inévitables dans un local d'usine non protégé conduisent à une erreur de fermeture de 50 m μ en 3 heures, soit ici 1 m μ par centimètre.

A cette approximation la trempe du disque peut être considérée comme pratiquement de révolution et l'on peut distinguer :

- 1°) Une large zone centrale de 150 cm de diamètre environ où la *biréfringence est nulle*.

¹⁾ Effectué à l'usine Mc KEAN, BRADFORD, Pa. de Corning du 22 au 28 février 1967.

- 2°) Une zone de diamètre extérieur 260 cm, où la biréfringence d'une vibration radiale est *légèrement positive et ne dépasse pas 2 $m\mu$ par cm.*
- 3°) Une zone neutre étroite où la *biréfringence est nulle.*
- 4°) Une zone extérieure où la biréfringence radialement est *négative* — comme dans un verre régulièrement recuit — et croit progressivement vers le bord où elle ne *dépasse pas 4 $m\mu$ par centimètre.*

Parallèlement aux faces et suivant des cordes représentant un trajet d'environ 340 cm, dans la silice, le prisme de Babinet promené sur toute l'épaisseur montre des décalages assez réguliers *limités à 3 ordres*, occasionnellement les franges se recourbent d'un ordre au plus au passage d'un joint horizontal.

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.

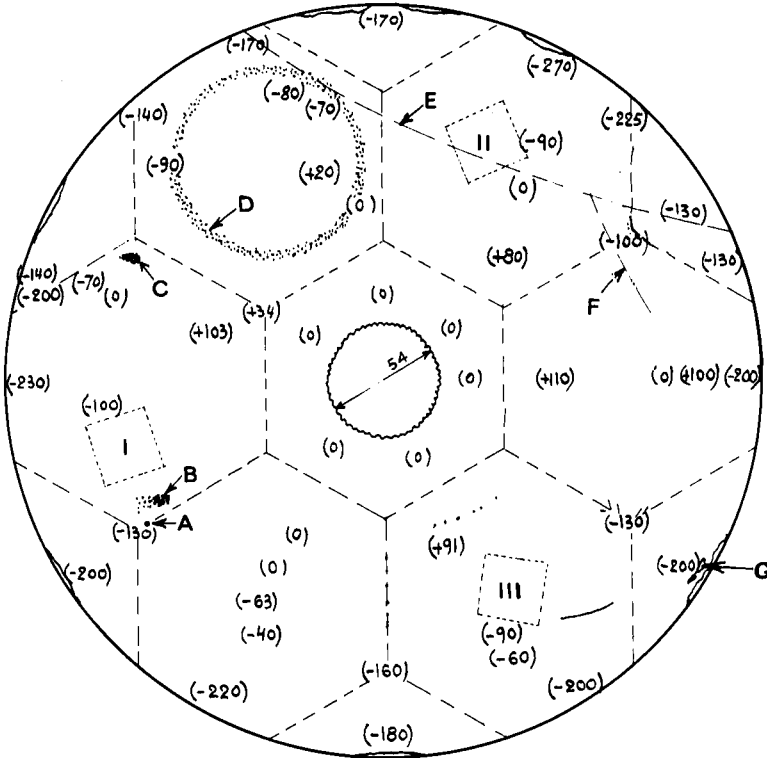
J. Texereau, Laboratoire d'Optique,
Observatoire de Paris, 61, Avenue
de l'Observatoire, Paris 14^e, France

J. Espiard, Société REOSC (Recherches et
Études d'Optique et de Sciences Connexes),
Chemin des Graviers, 91-Ballainvilliers, France

Examen du disque en silice de 372 cm

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 cm ± 0,05 cm. |
| I : II : III : emplacements des blocs supports dorsaux 30 × 30 cm. | |

RECHERCHE EXPERIMENTALE D'UN BARILLET ANTIFLEXION POUR UN GRAND MIROIR ASTRONOMIQUE¹⁾

A. Bayle et Ch. Fehrenbach

Le miroir de 1,93 m de l'*Observatoire de Haute Provence* est supporté par son dos au moyen de 30 leviers astatiques à contrepoids, et par sa tranche au moyen de 3 patins sans autre complication. Ce miroir ainsi supporté ne présente aucune déformation visible, quel que soit le point du ciel pointé par le télescope. Mais nous pensons qu'un miroir de plus grandes dimensions, par exemple 3,50 m de diamètre, présenterait des déformations élastiques si son système de support latéral ne comportait que 3 patins.

Procédé expérimental

Matériau

L'expérimentation d'un barillet sur maquette utilisant un miroir de verre à échelle réduite étant impossible, nous avons pensé utiliser un miroir construit en une substance très élastique. Après quelques essais, nous avons obtenu le meilleur résultat avec le Silastène RTV 601 de la Sté Industrielle des Silicones. Son retrait est très faible (0,1 ‰) :

densité : 1,31

module d'élasticité: 6×10^7

coefficient de Poisson très voisin de 0,5.

Dimensions du miroir

Nous avons adopté un diamètre de 20 cm, une épaisseur de 3 cm et un rayon de courbure de 120 cm. La flexibilité de ce miroir est $R^4/e^2 = 1111 \text{ cm}^2$. A cette échelle, les miroirs présentent des déformations de position considérables. Des moulages de plus grandes dimensions présenteraient des défauts d'homogénéité trop importants.

Moule

Nous avons constitué le moule en cinq morceaux:

1. une balle, ou miroir convexe : nous avons essayé successivement le verre nu, le laiton, le verre aluminé non protégé, puis adopté le marbre blanc que nous dissolvons dans l'acide chlorhydrique étendu pour dégager le moulage.
2. un entourage cylindrique se démontant en trois parties, construit en AG5 (alliage d'aluminium).
3. un couvercle en marbre donnant à la partie arrière du miroir en plastique sa forme plane, et que nous éliminons par dissolution. Ce couvercle présente un trou central.

¹⁾ Cette recherche a été faite par la Sté REOSC, pour le compte de l'ESO.

Mélange des produits

On procède au malaxage des produits pendant 1/4 d'heure avec une hélice. Le produit est ensuite dégazé pendant quelques minutes sous vide, puis versé dans le moule. On fait alors tourner l'entourage cylindrique et le couvercle, en laissant fixe le fond sphérique du moule, de manière à parfaire l'uniformité du mélange, uniformité qui semble s'altérer au contact de l'air pendant la coulée. Cette rotation, entretenue jusqu'à ce que le produit commence à s'épaissir, assure en tout cas au miroir une symétrie de révolution.

Polymérisation

Elle s'effectue dans une étuve agencée spécialement, à deux enveloppes, avec brassage de l'air entre elles. Le mélange étant effectué dans une pièce à 20° C, nous élevons lentement la température de l'étuve de 20° à 21 ou 22° C, de manière à compenser en partie le retrait dû à la prise du produit. Nous ne démoulons qu'au bout de 5 à 6 jours.

Ces méthodes ont finalement été mises au point sur le dixième moulage, qui ne présente pas d'astigmatisme mais seulement un certain rabatement régulier du bord, moins fort cependant que sur les premiers moulages.

Séchage

Le *Silastène*, après son démoulage, durcit pendant un certain temps, et subit encore un très léger retrait. L'expérience nous incite à conserver les miroirs dès leur sortie du moule sur une « planche à clous ». Nous la fabriquons en piquant régulièrement 19 grands clous sur un contreplaqué épais et paraffiné. L'ensemble de la tête des clous est rodé à l'émeri sur un tour d'opticien, de manière à constituer un support bien plan sur lequel le miroir reposera bien d'aplomb. Pendant le séchage, une bande métallique mince est enroulée sur la tranche du miroir, dépassant de quelques millimètres la surface concave et la surface plane.

Stockage

Au bout de deux ou trois jours, nous conservons le miroir posé à l'envers sur une forme convexe de verre poli.

Comportement aux déformations

Lorsque l'on fait subir au miroir une grosse déformation, par exemple en le décollant de son support de verre sur lequel il adhère toujours, et qu'on le place dans son barillet, on constate qu'il conserve une petite déformation qui disparaît complètement en un quart d'heure. Si le miroir est abandonné assez longtemps dans son barillet, ou posé sur un bain de mercure par son dos, on constate qu'au bout de peu de jours, il prend une forme irrégulière donnant à l'image d'un point une faible aberration, inférieure par exemple à l'astigmatisme provoqué par la déformation purement élastique qu'il prend lorsqu'il est posé axe optique horizontal sur un patin. La petite déformation irrégulière qui apparaît en quelques jours, disparaît aussi en quelques jours lorsqu'il est posé sur la forme convexe sphérique de verre poli.

Somme toute, ces défauts du *Silastène* RTV 601 sont légers, et il suffit de les bien connaître pour qu'ils ne faussent pas les expériences.

Premier barillet d'essai

Ce barillet A, Fig. 1, est du type à coussin d'air dorsal.

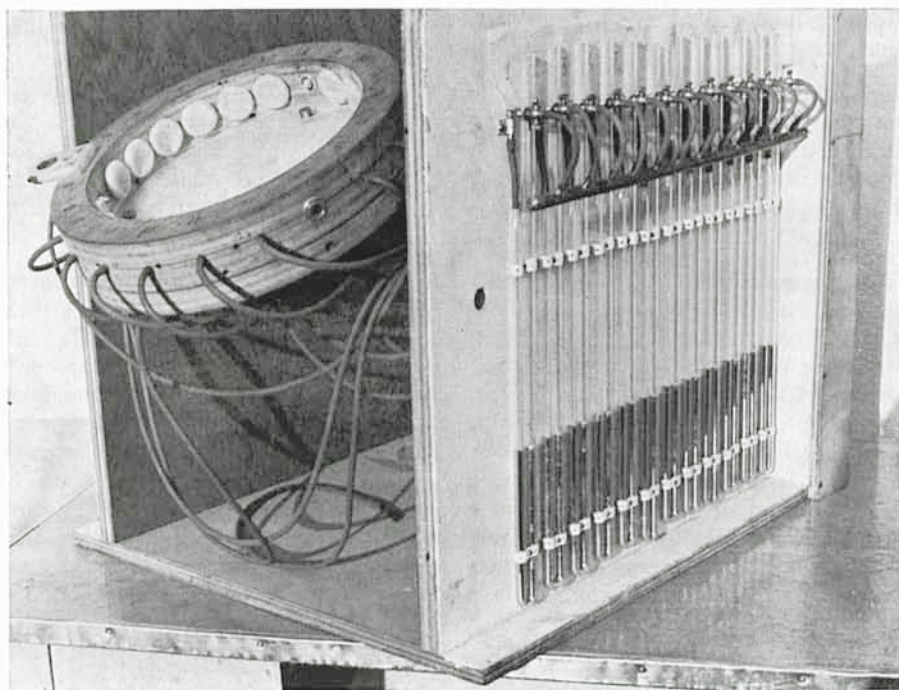


Fig. 1.

Le barillet, construit en bois contreplaqué, présente un fond de 25 cm de diamètre et un bord de 21 cm de diamètre intérieur, et 4 cm de hauteur. Il est tenu par un arbre en acier suivant son axe de symétrie, sur un second axe qui, lui, est horizontal. Le miroir peut ainsi prendre toutes les positions que peut présenter un miroir de télescope en service.

Le barillet est muni de trois touches fixes en laiton, dites dorsales, et destinées à supporter le miroir par trois points de l'extrême bord de son dos. Ces touches sont percées d'un trou central, que le miroir obstrue lorsqu'il s'appuie dessus.

Trois touches, dites latérales, de 2×2 cm de surface, épousent la forme cylindrique du miroir et le maintiennent latéralement. Ces touches s'appuient chacune par l'intermédiaire d'une petite tige sur l'extrémité d'une vis de réglage. La tige est maintenue en place d'une manière très souple au moyen d'un manchon en mousse plastique.

Les touches dorsales sont réglées de manière que, lorsque le barillet est placé axe horizontal, le miroir soit en équilibre instable sur les touches latérales, lesquelles ne doivent exercer sur le miroir que des forces normales à l'axe de celui-ci.

Un coussin d'air recouvre le fond du barillet. Son diamètre utile est exactement celui du miroir. Les trois touches dorsales le traversent librement. Ce coussin est construit en polyéthylène mince thermosoudé, renforcé à l'endroit de l'admission de l'air et des passages des touches dorsales. Après plusieurs essais, nous avons adopté une épaisseur de 0,05 mm et avons obtenu un coussin très souple et très étanche.

Une canalisation d'air comprimé aboutit, d'une part au coussin, et d'autre part, en parallèle, aux trois touches dorsales. Lorsqu'on souffle avec un débit très faible dans cette canalisation, le coussin se gonfle jusqu'à ce que le miroir dégage les touches en se soulevant. Les fuites sont réglées de manière qu'il suffise que le miroir se soulève de quelques centièmes de mm pour que le gonflage du coussin n'augmente plus.

Dix-huit coussins latéraux sont uniformément répartis autour du miroir, le centre de leur surface étant exactement placé à la même distance du fond du barillet que les trois touches latérales. Ils sont construits en *Silastène* RTV 501. Ils sont de forme ronde, de 30 mm de diamètre total, 9 mm d'épaisseur, avec leur bord arrondi à un rayon de 4,5 mm. Leur fond, qui s'appuie sur la paroi cylindrique du barillet, présente une épaisseur de 2,5 mm environ ; leur paroi au bord s'amincit progressivement jusqu'à ne faire que 0,4 mm environ, épaisseur qu'elle conserve sur la face en contact avec le miroir. L'air comprimé entre dans les coussins par une canalisation disposée suivant leur axe. Tels qu'ils sont, ces coussins, très souples, n'exercent qu'un effort normal à l'axe optique, ce qui est capital. Ils supportent sans dommage une pression supérieure à 20 cm de mercure. Ils sont obtenus par moulage dans un moule en deux parties convenablement polies. Le mode opératoire efficace a nécessité un assez grand nombre d'essais.

Déformations élastiques du miroir n° 10 de bonne qualité optique



Fig. 2: Axe vertical, posé sur ses 3 patins dorsaux, coussin d'air dorsal gonflé. La surface des 3 patins est graissée pour diminuer les efforts parallèles à la surface du miroir.

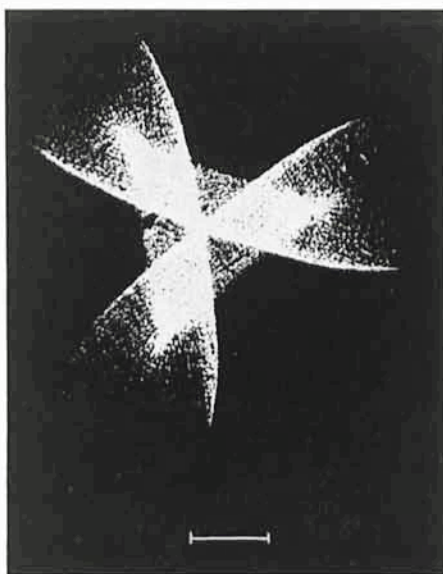


Fig. 3: idem — coussin d'air dégonflé.

Placé dans ces conditions, nous pensons que le miroir de 3,50 m nous donnerait une figure de 0,6 mm de rayon.

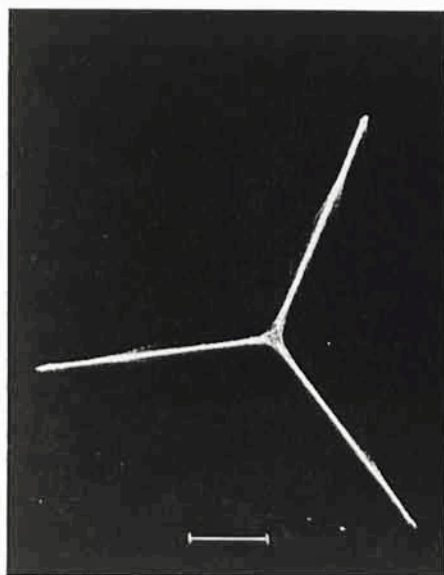


Fig. 4.

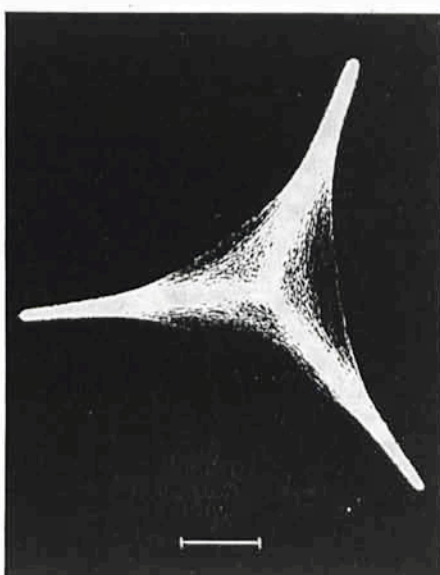


Fig. 5.

Deux clichés pris à 19 cm au-dessous du centre, avec deux temps de pose différents.

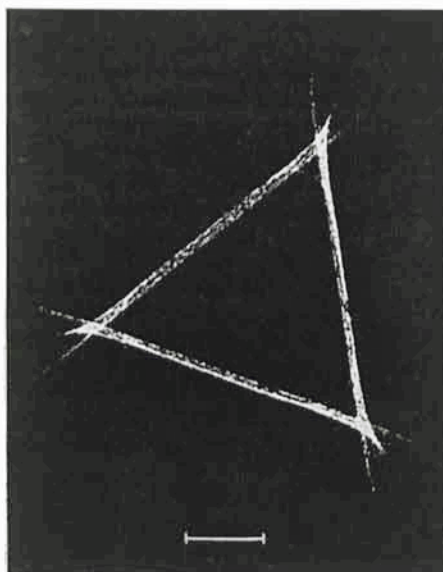


Fig. 6: Cliché pris à 8,5 cm au-dessus du centre de courbure du miroir.

Bâti supportant le barillet

Le bâti a la forme générale d'une caisse sans couvercle et sans paroi avant. Il supporte, sur ses 3 parois, 18 manomètres à mercure destinés à mesurer les pressions dans les 18 petits coussins et un manomètre à eau branché sur le grand coussin dorsal (voir Fig. 1).

Lanterne

Une monture supporte une source ponctuelle de 0,3 mm de diamètre et une platine apte à recevoir soit un écran, soit un châssis photographique. Nous appelons cet ensemble « lanterne ». Cette lanterne peut se déplacer le long d'un tube d'acier fixé sur le bord du barillet. Les figures 2 à 6 montrent la qualité optique réalisée pour le miroir n° 10 et illustrent sa flexibilité. Pour ces essais, l'axe optique du miroir était vertical. La figure 2 a été obtenue avec le coussin dorsal gonflé, la lanterne au centre de courbure du miroir. L'image est excellente. On a ensuite dégonflé le coussin dorsal, et le miroir repose alors sur ses trois touches: on obtient la figure 3 qui montre la très forte déformation à symétrie ternaire du miroir.

Les figures 4 et 5 sont obtenues lorsque la lanterne est à 19 cm en dessous du centre et la figure 6 à 8,5 cm au-dessus du centre.

Déformation du miroir, axe horizontal

Il est facile d'étudier la déformation de ce miroir suivant qu'il repose sur un patin ou sur deux patins plus ou moins éloignés. Avec un seul patin, on observe



Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.

un astigmatisme, la focale horizontale est intra-centrale (Fig. 7) et la focale verticale est extra-centrale (Fig. 8). Ces focales sont inversées avec deux patins disposés à 120° l'un de l'autre (Fig. 9 et 10). Nous avons constaté que l'astigmatisme disparaissait seulement en utilisant des patins disposés par construction à 85° l'un de l'autre, mais la déformation irrégulière de la tache intra-centrale illustrée par la figure 11 montre que le miroir est déformé ; la tache au centre (Fig. 12) reste importante.

Réaction des patins latéraux sur le miroir

Les patins latéraux qui ont servi à ces essais s'appuyaient au moyen d'une crapaudine sur une tige rigide et maintenue rigide par le barillet.

Les vues suivantes montrent la nécessité d'éviter, non seulement la composante axiale de la force de frottement dont l'effet était dès l'abord redouté, mais aussi la composante tangentielle perpendiculaire à l'axe et au rayon d'appui.

Dans tous ces essais nous avons au préalable soigneusement placé le miroir bien en équilibre sur les patins, et réglé son axe bien horizontalement.



Fig. 13.

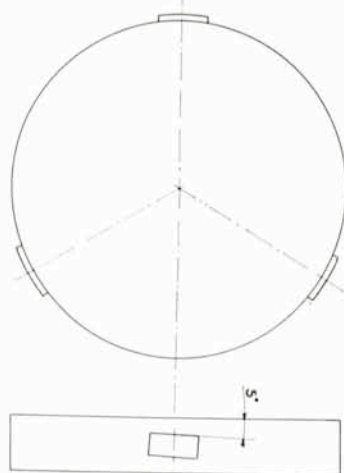


Fig. 14.

La figure 13 montre l'aspect de la tache extra-centrale lorsque les deux patins sont inclinés de 5° , comme l'indique la figure 14.



Fig. 15.



Fig. 16.

Les figures 15 et 16 montrent les taches intracentrales lorsqu'on fait exercer par les patins des efforts tangentiels en écartant ou rapprochant les patins ; les forces tangentiels de frottement ainsi exercées sont très faibles.

A la suite de cette étude, nous avons diminué la longueur des patins parallèlement au dos du miroir pour la réduire de 3 à 2 cm, et nous avons introduit la tige intermédiaire entre la vis et le patin, dont nous avons parlé précédemment.



Fig. 17.



Fig. 18.



Fig. 19.



Fig. 20.



Fig. 21.

Nous illustrons l'aspect de la tache obtenue par quelques figures (17 à 20). En examinant les figures, il est possible de rendre la figure extra-centrale ronde; il faut, pour cela, ajuster les pressions des 18 coussins, qu'on mesure. La fig. 21 montre l'image centrale correspondante qui est excellente. On recommence ces mesures après avoir fait tourner l'ensemble miroir-barillet de 60° autour de l'axe horizontal. Ceci permet de faire une moyenne des mesures.

ETUDE DES COUSSINS LATÉRAUX

Fig. 34

Pression dans un coussin latéral
en fonction de sa position et de
l'inclinaison du miroir

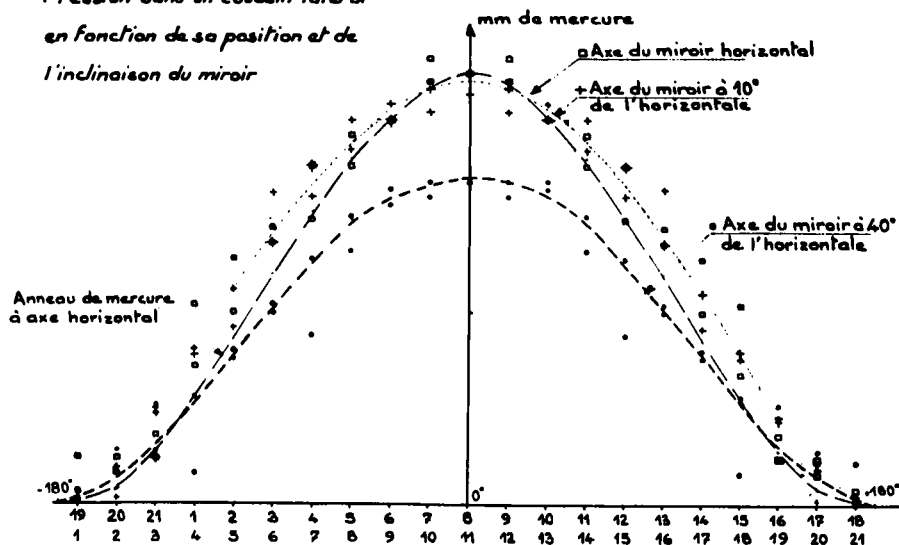


Fig. 22.

La fig. 22 résume tous les résultats. En ordonnée, on a porté la pression dans les coussins en mm de mercure. En abscisse, on a porté l'angle φ que fait l'axe de patin avec la ligne de plus grande pente descendante du miroir. Ces angles varient de : $\frac{360}{21} = 17,1^\circ$.

Ces courbes se rapprochent des courbes $(1 + \cos \varphi) \cos h$.

Cette équation a été proposée par l'étude théorique de Schwesinger, mais il semble y avoir une différence systématique. On trouve bien la relation en $\cos h$; en effet, nous avons trouvé les rapports des maximums :

pour $\cos 10^\circ = 0,985$ on trouve 0.980
et pour $\cos 40^\circ = 0,766$ on trouve 0.767.

Les courbes se rapprochent des courbes qui seraient données par un coussin de mercure, en forme d'anneau, mais ne semblent pas se confondre avec elles.

On n'a pas pu mettre en évidence une déformation astigmatique sensible de la surface du miroir lorsque les coussins latéraux et le coussin dorsal sont correctement gonflés.

Tous les essais nous ont convaincus de la nécessité absolue d'empêcher les coussins latéraux d'exercer la moindre force qui ne serait pas exactement normale à l'axe optique; l'axe de poussée doit passer exactement par le centre de gravité du miroir.

Enfin le réglage de la pression du coussin dorsal doit être opéré avec une précision extrême. Le système simple de réglage automatique de cette pression s'est révélé à lui seul insuffisant, et nous avons dû, pour chaque inclinaison du miroir, régler l'admission de l'air comprimé de manière que la poussée de la lame d'air fuyant entre le dos du miroir et les trois touches fixes compense exactement le manque de poussée donné à ces endroits par le coussin dorsal; ce manque local de poussée du coussin étant dû aux échancrures destinées au passage des touches fixes.

La surface utile des coussins doit être définie de façon parfaite, ce qui est très difficile.

Résultats numériques

Le tableau indique la pression dans les 21 coussins, exprimée en cm de mercure. Ces valeurs sont comparées aux quantités $l_c = \frac{1}{2}(1 + \cos \varphi)$.

(1) φ	(2) $\cos \varphi$	l	l_c	$l - l_c$
0°	1.0000	5.50	5.50	0.00
17.1	0.9556	5.46	5.38	0.08
34.3	0.8262	5.10	5.02	0.08
51.4	0.6235	4.72	4.47	0.25
68.6	0.3654	4.04	3.75	0.29
85.7	0.0748	3.60	2.97	0.63
102.9	— 0.2226	2.66	2.14	0.52
120.0	— 0.5000	1.92	1.38	0.54
137.1	— 0.7330	1.00	0.73	0.27
154.3	— 0.9010	0.46	0.27	0.19
171.4	— 0.9888	0.16	0.0	0.16

La différence $l - l_c$ est systématique. Une discussion de ces résultats est en cours.

Prof. Dr. Ch. Fehrenbach, Directeur des
Observatoires de Marseille et de
Haute Provence, 2, Place le Verrier,
Marseille 4^e, France

A. Bayle, Directeur Général de la Société
REOSC (Recherches et Etudes d'Optique et
de Sciences Connexes), Chemin des Gravieres,
91-Ballainvilliers, France

MIROIRS ET SUPPORTS¹⁾

A. Couder

Le Laboratoire d'Optique de l'Observatoire de Paris effectue depuis 1926 des recherches concernant les grandes surfaces optiques employées en Astronomie, et il assure leur réalisation et leur mise en service. Jusqu'à présent, 336 pièces importantes, réfracteurs ou réflecteurs, ont été délivrées.

Tant au laboratoire que sur le ciel, principalement à l'Observatoire de Haute-Provence, des études ont été poursuivies sur les flexions des miroirs, leurs déformations thermiques, l'amélioration des conditions microclimatologiques des télescopes et des dômes. Dans ce qui suit, je considère uniquement les flexions des grands miroirs.

Les premières études faites au Laboratoire (une très bonne atmosphère favorisant une observation fine) ont montré très tôt:

- 1) que les écarts de réversibilité des déformations par flexion, signalés précédemment par différents auteurs, viennent exclusivement de frottements internes ou interfaciaux des supports de miroirs, et ne doivent pas être imputés à des effets d'hystérèse ou de réactivité du verre lui-même,
- 2) que l'effet de la composante de la pesanteur parallèle à l'axe optique était incomparablement supérieur à celui de la composante perpendiculaire à cet axe.

Un support sans frottement appréciable ayant été réalisé, on n'a pu observer aucun effet de cette composante tangentielle sur un miroir de 120 cm étudié dans des conditions aériennes parfaites sur le support utilisé. Le calcul d'ordre de grandeur qui figure dans mon mémoire de 1932 aboutit à cette conclusion: «ce n'est qu'avec un miroir . . . d'un diamètre de l'ordre de 300 cm que les flexions dues à la composante de la pesanteur perpendiculaire à l'axe optique peuvent atteindre une valeur sensible.» D'où la nécessité d'une étude nouvelle pour l'application considérée aujourd'hui.

¹⁾ Note concernant, notamment, les expériences faites au Laboratoire d'Optique de l'Observatoire de Paris et celles qui ont été développées récemment par A. Bayle (Société REOSC).

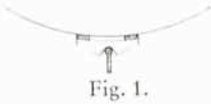
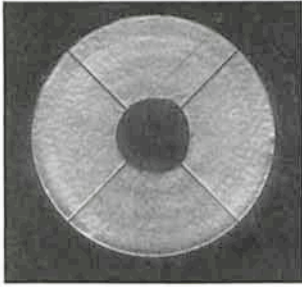


Fig. 1.

Le foucault-gramme présenté aujourd'hui a été fait au moment même de la mise en service du télescope de 193 cm. On y voit d'abord l'ombre du support du miroir newtonien (spider), très déflectueux à l'origine, qui a été ici corrigé d'abord par un moyen de fortune qu'on aperçoit et qui a été complètement transformé tôt après. On relèvera une notable erreur de mise au point de la lame de couteau (knife edge), quelques défauts zonaux se montant à $\lambda/7$ et un mamelonnage modéré (small mamelons) de plusieurs $\lambda/100$. L'étoile était loin du zénith; un des trois patins latéraux (shoes) étant en bas supportait presque tout le poids du miroir; on voit nettement que la déformation de la surface optique que produit ce support latéral est faible, étroitement localisée, in-

téresse seulement deux petits éléments de surface, et, en conséquence, est pratiquement négligeable comme les études préalables, faites au laboratoire, avaient permis de le prévoir. On voit ainsi le bon résultat acquis, dès l'inauguration, par le barillet antiflexion réalisé par Grubb-Parsons avec une grande précision, mais sous ma responsabilité. Depuis huit ans on n'a pas dû y toucher.

L'indice de flexibilité du miroir de Saint Michel R^4/e^2 vaut 307.10^3 cm^2 ; celui des miroirs en silice qui intéressent d'une part l'ESO, d'autre part le CNRS, est 375.10^3 cm^2 . (Je rappelle que 10^3 cm^2 est la flexibilité limite pour un support dorsal à trois points équidistants.) Le calcul montre que le support de Saint Michel est efficace pour une flexibilité bien supérieure, atteignant 2300.10^3 . Il est donc utilisable tel quel avec une complète sécurité pour les miroirs de 350 cm.

On peut envisager de lui substituer un support pneumatique: celui-ci satisfait parfaitement les mêmes conditions; il ne sera pas moins onéreux et il présentera sûrement une fiabilité moindre (réglage complexe à maintenir, vieillissement de toutes les matières non métalliques). Ceci dit, le choix entre la solution mécanique et la solution pneumatique pour le support dorsal est, aux yeux de l'opticien, une question d'intérêt pratique: il sera réglé vite, bien et définitivement s'il est mécanique; dans l'autre cas, des tâtonnements et des retouches sont à prévoir.

Le problème du support latéral est différent: à l'effet de l'accroissement des dimensions linéaires, s'ajoute celui qui est la conséquence de l'ouverture relative plus grande. C'est ce qui justifie les travaux théoriques qui ont été développés récemment par G. Schwesinger, et les expériences que A. Bayle a réalisées par ailleurs.

L'idée de base est d'employer un matériau particulièrement flexible sous son propre poids. Prenant le rapport δ/E comme constante caractéristique, on a d'une part

$$\text{pour le verre ordinaire, le Pyrex ou SiO}_2, \text{ en moyenne } \frac{\delta}{E} = 3,42.10^{-12}$$

$$\text{pour divers échantillons de Silastène étudiés, } \frac{\delta}{E} = 5,0 \cdot 10^{-8}$$

pour un disque (blank) de dimensions données, les flexions sont multipliées par $14\,600 = 1,46 \cdot 10^4$. Cela permet d'opérer sur des modèles réduits. Des considérations pratiques ont conduit A. Bayle à choisir le diamètre 20 cm et l'épaisseur 3 cm. Si l'on compare ces données à celles du miroir à réaliser (diamètre 350 cm, épaisseur 50 cm) on trouve que le rapport des caractéristiques de flexion dimensionnelles vaut

$$\frac{R^4 e'^2}{R'^4 e^2} = 338. \quad \text{Le grossissement des défauts est donc } \frac{14600}{338} = 43,2$$

qui paraît suffisant pour compenser la différence de la qualité optique des surfaces comparées.

Plusieurs remarques sont à formuler:

- 1) Tandis que pour le verre, le Pyrex, la silice, le coefficient de Poisson σ s'écarte très peu de la valeur 0,25, il est beaucoup plus grand dans le cas du silastène, et, à mesure que la porosité peut être diminuée, tend vers la valeur 0,50 qui caractérise une compressibilité relativement négligeable, comme pour le caoutchouc. (J'ai trouvé en moyenne 0,493 sur des échantillons bien exempts de bulles.)



Fig. 2.

Il faut bien noter qu'il n'y a pas *similitude* rigoureuse (au sens géométrique) entre les formes fléchies des disques placés sur un support de même type. Noter que le gonflement visible sur la photo du miroir de Saint Michel au voisinage du patin (shoe) latéral, doit dans des conditions homologues, paraître doublé dans le cas du silastène, soit en tout multiplié par le facteur $2 \times 43 = 86$; ce grossissement considérable apparaît nettement sur la figure (2).

- 2) Alors que le verre, le Pyrex, la silice se comportent, dans le cas des petites déformations relatives comme parfaitement élastiques (j'ai montré que tout écart à la loi de Hooke dénonçait un support incorrect), il est loin d'en être de même pour les silastènes. Il existe de l'hystérèse, de la réactivité partielle et même, à un moindre degré, de la viscosité. Cet inconvénient serait grave si l'on avait en vue de déterminer la valeur absolue des flexions: c'est pour cela que mes mesures des flexions astigmatiques et ternaires avaient été faites uniquement sur des miroirs de verre très flexibles (R^4/e^2 allant de $187 \cdot 10^3$ à $1.288 \cdot 10^3$) et que j'avais rejeté les modèles en caoutchouc.

Mais ce même inconvénient s'atténue à mesure que les flexions à observer sont plus petites, et il disparaît même complètement, en principe, lorsqu'on se propose de constater que les déformations sont nulles: c'est ce qui arrive quand on vérifie que l'efficacité d'un support antiflexion est complète.

Au reste, la réactivité et l'hystérèse du silastène 501 sont assez faibles pour que les expériences présentées par A. Bayle pour l'étude d'un support pneumatique axial montrent une réversibilité très satisfaisante alors que la flexion

A. Couder

ternaire décrite et figurée est énorme, la période du cycle flexion naturelle—flexion compensée valant quelques minutes.

Résumant ce qui a été dit au début, nous dirons que la composante axiale de la pesanteur doit, dans le cas du miroir de 350 cm, être compensée à une approximation tendant vers $1/1000$, pour cela nous avons des moyens éprouvés et sûrs. La composante tangentielle peut l'être à quelques centièmes seulement. Ainsi, à l'approximation utile, les résultats expérimentaux de A. Bayle ne paraissent pas significativement distincts de la loi en $1 + \cos \varphi$ (notation de Schwesinger).

Le problème essentiel reste d'obtenir que cette pression latérale ne comporte pas, par l'effet du frottement, ou autrement (cas du sac de mercure), une composante axiale même faible.

Dr. A. Couder, Observatoire de Paris,
61, Avenue de l'Observatoire, Paris 14^e,
France

THE BUILDING ACTIVITY OF ESO

J. R a m b e r g

I. Introduction

The following is a short survey of the development of the building program of ESO and its present realization at the ESO Telescope Site on La Silla and at the ESO Headquarters in Santiago.

The disposition, the size, and the shape of the various ESO buildings have been discussed and fixed in several meetings of the ESO Instrumentation Committee, the Working Group for ESO Buildings, the ESO Board for Buildings, the ESO Finance Committee, and the ESO Council.

It should be emphasized, however, that only a stage in the development of ESO will be completed when the buildings, telescopes, and auxiliaries now being constructed have been finished. A scientific institution is continuously developing; it is inherent in its nature that it can never be said to be finished. The day one could say about an astronomical observatory that it was definitively finished, would not be the birth-day but the death-day of the observatory as a scientific institution. Not least for this reason, the planning of an institution like ESO involves a deep responsibility. ESO shall offer the astronomers of to-day good working possibilities in the various branches of modern observational astronomy, but this is not all. ESO should, if possible, also remain decently fit for the next generation of astronomers.

But who can anticipate the development of astronomical research during the decades to come? Who can to-day say something definite about those topics of astronomy which will be the most current ones for the next generation? Well aware of how difficult it is to predict something about the demands which will be made by coming astronomers, those responsible for the planning of the various ESO buildings have everywhere tried to keep the possibilities for future development open. Conscious of the fact that it is to-day fairly impossible to define the particulars of the future work to be done at ESO, they have tried to create at least a good basic platform for this work.

II. Building program

Already very early in the development of the ESO project it was clear that in conformity with the large astronomical observatories in the U.S.A., Mount Wilson, Palomar and Kitt Peak, the European Southern Observatory, whether built in South Africa or Chile, should be divided in two different establishments:

1. ESO Telescope Site, where the main instruments were to be erected; it should be located to the open and unimpeded summit of the mountain to be chosen, at an optimal altitude of 2000 to 2500 m.

2. ESO Headquarters, to be located in or in the immediate neighbourhood of a centre of culture as near as possible to the Telescope Site. The Headquarters would be the site of the administration; at the Headquarters the scientific works are to be planned, and the material of observations is to be evaluated to the extent it will already be made at the Headquarters; much material will no doubt be brought to the home observatories in Europe. Library, archives, auxiliary equipment for evaluation, and main workshop are to be housed at the Headquarters.

At its 19th meeting held in Geneva on 5-7 February 1963, the provisional ESO Council appointed a Working Group for Buildings. The first task of the Working Group was to formulate preliminary plans for the building activity of ESO in order to attain that the desiderata of the astronomers were precised and the volume of the building program was defined.

The preparatory achievement of the ESO Working Group for Buildings and the ESO Management resulted in a "Memorandum on the ESO Building Activity" of 8 November 1963, which was accepted by the provisional Council at its 21st meeting held in Bonn on 15 November 1963.

According to the plan approved by the Council, the building program of ESO shall be realized in two stages.

The buildings included in the Memorandum on the ESO Buildings are as follows:

A. Buildings at the ESO Telescope Site

Buildings to be finished at the end of the 1st construction period (about 1966)

Instrument Buildings

- Building for the 1 m photometric telescope
- Building for the 1.5 m spectrographic telescope
- Building for the 1 m Schmidt telescope
- Small building for astrograph
- Small building for astrolabe

Service Buildings

- Boarding house with kitchen, dining room, lounge, living units for kitchen staff and, 1st construction period, 8 living units for visiting astronomers.
- Office building, net floor surface about 150 m².
- Workshop, net floor surface about 250 m².
- Pumping station, capacity about 50 m³/day.
- Diesel power station, maximum capacity about 150 kVA.
- Garages.

Residences

- 1st construction period, for about 5 families.

The building activity of ESO

Buildings to be finished at the end of the 2nd construction period (about 1970)

Instrument Buildings

Building for the 3.5 m telescope.

Service Buildings

Boarding house, enlarged, in all to 12 living units for visiting astronomers.

Residences

2nd construction period, for about 5 families more.

B. Buildings at the ESO Headquarters

Buildings to be finished at the end of the 1st construction period (about 1966)

Main building, 1st stage, net floor surface about 1200 m², to be enlarged during the 2nd stage. The preliminary plan for the disposition of the main building and the provisional scheme for the internal relations between the different departments of the main building as presented in the Building Memorandum are given below.

	Net floor surface of each unit m ²	Number of units 1st stage / 2nd stage	
1. Director's office	40	1	
2. „ secretary	20	1	
3. Manager	30	1	
4. Administration	30	1	
5. „ archives	30	1	
6. Offices permanent staff	20	4	2
7. „ visitors	15	4	6
8. Secr. + computers, staff + visitors	20		4
9. Stencil room	20		1
10. Drawing room (for use by staff)	30		1
11. Measuring rooms	15	4	8
12. Plate store rooms	40	1	2
13. Photogr. services (for use by staff)	20	2	1
14. Reading room	80		1

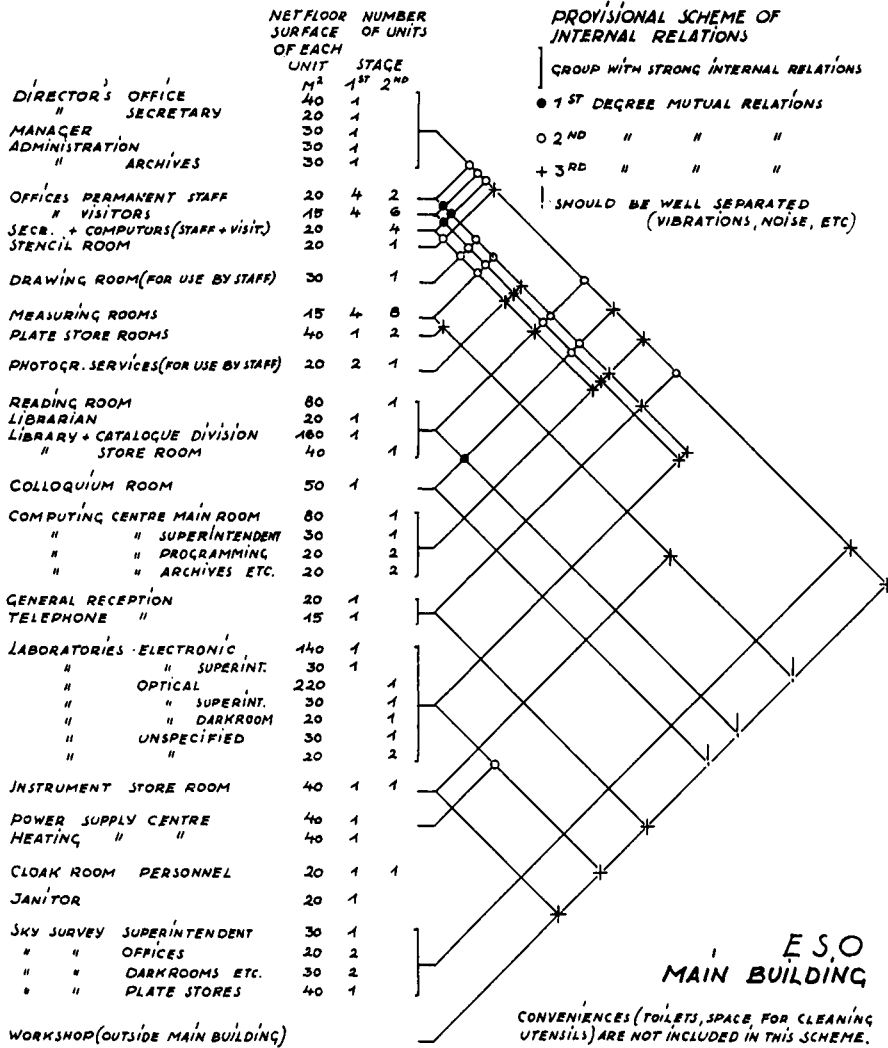
J. Ramberg

	Net floor surface of each unit m ²	Number of units 1st stage / 2nd stage	
15. Librarian	20	1	
16. Library + catalogue division	160	1	
17. Library store room	40		1
18. Colloquium room	50	1	
19. Computing centre main room	80		1
20. " " superintendent	30		1
21. " " programming etc.	20		2
22. " " archives etc.	20		2
23. General reception	20	1	
24. Telephone	15	1	
25. Laboratories electronic	140	1	
26. " " superint.	30	1	
27. " optical	220		1
28. " " superint.	30		1
29. " " darkroom	20		1
30. " unspecified	30		1
31. " "	20		2
32. Instrument store room	40	1	1
33. Power supply centre	40	1	
34. Heating " "	40	1	
35. Cloak-room, personnel	20	1	1
36. Janitor	20	1	
37. Sky survey superintendent	30	1	
38. " " offices	20	2	
39. " " darkrooms etc.	30	2	
40. " " Plate stores	40	1	

Conveniences - toilets (41.),
space for cleaning utensils (42.) etc. -
are not included in this scheme.

Net floor surface, m ²	1195	1190
Total, m ²		<u>2385</u>

The building activity of ESO



Workshop, 1st construction period, net floor surface about 200 m².

Hostel, 1st construction period, net floor surface about 180 m².

Garages, net floor surface about 100 m².

Buildings to be finished at the end of the 2nd construction period (about 1970)

Main building, enlarged to a total net floor surface of about 2400 m².

Workshop, enlarged to a total net floor surface of about 400 m².

Hostel, enlarged to a total net floor surface of about 360 m².

The meeting of the provisional Council in Bonn constitutes one of the most significant mile-stones in the history of ESO: at this meeting the provisional Council, on the basis of the report of the ESO Site Test Committee, unanimously agreed to recommend to the definitive ESO Council to decide in its first meeting after the coming into force of the ESO Convention that the European Southern Observatory should be established in Chile.

The continued investigations and explorations by the ESO Organization in Chile resulted in two highly important decisions taken by the ESO Council at its meeting in l'Observatoire de Haute Provence on 26 and 27 May 1964.

Firstly, the Council decided that the 1st stage of the ESO building program for the ESO Telescope Site should be realized at the mountain of La Silla in the Chilean province Coquimbo, under the presumption that

- 1 : 0 it would prove possible to find a reasonable solution of the water problem there,
- 2 : 0 the question of the mining rights in this region could be solved satisfactorily,
- 3 : 0 the price of the area to be bought there by the ESO Organization would prove to be reasonable.

Secondly, the Council unanimously decided that the ESO Headquarters should be located in Santiago.

After the water research had shown that abundant quantities of water could be obtained in the Quebrada Pelicano at the foot of La Silla about 20 km from its summit and, furthermore, it had been found that a reasonable solution of the question of the mining rights was obtainable, the ESO Organization acquired in 1964 from the Chilean Government the whole La Silla region, altogether 627 km².

As a next step, a camp was erected in the Quebrada Pelicano, then the tracing and construction of a road to the summit of La Silla came to the fore. Special accounts of the Camp Pelicano and the ESO road to La Silla will be given in a subsequent number of the ESO Bulletin.

In order to have from the very beginning, also during the period of the construction of ESO, an administration centre and a guest house of its own in Santiago, the ESO Organization in 1965 acquired a fairly large private house at the Calle Gustavo Adolfo in Santiago.

After the ESO Organization had considered various building sites in and in the surroundings of Santiago for the ESO Headquarters, the ground plot problem of ESO in Santiago was solved by a donation from the Chilean Ministry of Foreign Affairs; the Ministry in 1964 offered the ESO Organization as a gift a ground plot of 34.000 m² in the suburb Vitacura in Santiago.

The building program of ESO as presented in the Memorandum on the ESO Building Activity of 8 November 1963 has later on, on several occasions, been modified. The most important changes decided upon are the following:

The building activity of ESO

At its meeting in Stockholm on 1 and 2 June 1965, the Council decided that the 5 residence houses on La Silla included in the 1st construction period should be deleted. In return, the hostel was enlarged to have 14 instead of 8 living units. Furthermore, a dormitory comprising 10 living units was added.

At its meeting in Santiago on 1 April 1966, the Council decided to cancel for the time being the plans for the construction of the dormitory on La Silla and the 2nd stage of the main building of the Headquarters in Santiago.

Furthermore, the following changes of the building program as presented in the Building Memorandum are to be noticed:

Concerning La Silla

The small building for the astrolabe on La Silla has been deleted. Thanks to the collaboration initiated between the Chilean Observatorio Astronómico Nacional and ESO, the ESO astrolabe has been placed on the grounds of the Observatorio Nacional on Cerro Calán in Santiago.

The size of the Office has been considerably reduced. In return, the Hostel has been enlarged with a small library room and a reading room. The Garages on La Silla have been deleted.

Concerning the Headquarters in Santiago

A lecture room in the main building has been added.

The Hostel has for the time being been cancelled. Whether the ESO Guest House at Calle Gustavo Adolfo will be kept permanently and no hostel erected near the Headquarters in Vitacura, will depend on future experience.

The Garages at the Headquarters have been deleted.

III. Architects, Consulting Engineers, and Building Contractors

At the meeting of the provisional Council in Bonn on 15 November 1963, the Director was authorized to engage a local architect with the task of completing, in collaboration with the ESO Management and on the basis of the Memorandum on the ESO Building Activity, a first provisional pre-design of the different ESO buildings. For this work the architect C. Axt, Hamburg, was chosen.

Various possibilities of organizing the building activity of ESO were thoroughly considered by the Management. The question was also discussed by the Working Group for ESO Buildings. At its meeting on 27 June 1964, the Working Group agreed upon the following solutions:

1. An architect should be chosen by the ESO Organization who will be independent of European and Chilean contractors and who will prepare the pre-design and the final architectural design of the buildings.

J. Ramberg

2. A large European consulting engineers firm or group of firms of international reputation was to be found, whose tasks would be to work out the technical design of the buildings, to find a Chilean contractor, and to control all steps of the construction work of the contractor.
3. ESO would in any case have to organize a controlling group of its own in Chile which should, during the whole building activity, supervise the work of the contractor and the consulting engineers firm.
4. The domes should not be included in the contract with the firm constructing the buildings; a separate tendering should be made for the domes.

The Director of ESO, in mutual agreement with the President of the ESO Council at that time, Dr. J. H. Oort, in 1964 decided to appoint as architects Messrs. Ir. F. W. de Vlaming and Ir. H. Salm, Amsterdam, Holland. The choice was confirmed by the ESO Council at its meeting on 2 and 3 December 1964.

Among various firms tendering as consulting and supervising engineers, the firm of Hochtief, Essen, Germany, was in an especially favourable position, as they were consultants for a Chilean state organization constructing a modern copper refinery and, therefore, had already established an office in Santiago de Chile. It was found that the combination of the offers from Hochtief, Essen, Germany, and Sentab, Stockholm, Sweden, worked out most favourably for ESO. The two firms were prepared to join forces and to form a consortium for the purpose of the ESO Establishment.

At its meeting on 2 and 3 December 1964, the ESO Council decided to choose the consortium Hochtief-Sentab as consulting engineers for the first construction period of the building activity of ESO.

At the same meeting, the Council appointed a special Board for the ESO Buildings created by enlarging the ordinary Working Group for the ESO Buildings. The Board was entrusted with the task of following and supervising the work on the design of the ESO buildings and to take decisions on the design on behalf of the ESO Council.

The work of the ESO architects de Vlaming and Salm was practically finished about May 1966. Tenders for the construction work were on behalf of ESO taken in Chile by the Consortium Hochtief-Sentab, for the buildings on La Silla in May 1966 and for the buildings of the Headquarters in Santiago in September 1966.

For the works to be executed on La Silla, the firm of Empresa Constructora Tecsa Ltda. in Santiago proved to have given the most favourable offer, and at its meeting on 28 June 1966, the ESO Finance Committee selected this firm as building contractor for La Silla.

The building activity of ESO

For the construction of the ESO Headquarters in Vitacura, Santiago, the firm of Empresa Constructora Descos Ltda. in Santiago handed in the best offer, and at its meeting on 15 November 1966 the ESO Finance Committee decided to accept the offer of this firm.

Detailed descriptions of the various ESO buildings at the ESO Telescope Site on La Silla and at the ESO Headquarters in Santiago, and accounts of the progress of the construction works will follow in subsequent numbers of the ESO Bulletin.

