

LA CONSTRUCTION
DU
TÉLESCOPE D'AMATEUR
II^e ÉDITION

PAR

Jean TEXEREAU

Ingénieur du Laboratoire d'Optique de l'Observatoire de Paris
Président de la Commission des Instruments de la Société Astronomique de France

PRÉFACE

DE

André COUDER

Membre de l'académie des Sciences et du Bureau des Longitudes
Astronome Titulaire de l'Observatoire de Paris



PRÉFACE

Les amateurs des sciences sont probablement aussi nombreux que ceux qui cultivent les arts sans en faire métier. Peut-être la musique a-t-elle plus de fervents que la botanique ; mais il y a sûrement autant d'astronomes amateurs que de peintres du dimanche. Que cherchent-ils tous ? Une joie et un profit spirituels : une extension de leurs connaissances, de leurs capacités et le plaisir lié à l'effort. On peut certes être sensible aux arts sans avoir jamais touché un archet ou un pinceau, et d'autre part «se tenir au courant » du progrès des sciences par la seule lecture ; mais cette attitude purement réceptive n'est pas celle qui donne les meilleurs fruits. Pour que l'acquis pénètre profondément en nous-mêmes, il nous faut aussi être quelque peu exécutants, observer de nos yeux, expérimenter, construire de nos mains. Il faut que l'information étendue que donnent les livres rencontre en nous une expérience personnelle. Ainsi naît la vraie culture de l'esprit.

Etait-il nécessaire de rappeler cette vérité dans le cercle des amateurs que rassemble la Société Astronomique de France ? Parmi nous, les observateurs assidus ont toujours été légion. On peut même remarquer que le goût des travaux manuels difficiles et l'aptitude à y réussir se rencontrent plus souvent aujourd'hui qu'autrefois : construire entièrement un instrument d'observation n'apparaît plus comme l'ambition démesurée de quelques audacieux. Ce n'est pas diminuer le mérite de cet esprit d'entreprise que de noter qu'il est devenu assez fréquent : réaliser un bon télescope reste une preuve de volonté, de jugement et d'adresse.

Il faut donner un guide à ceux qui abordent ce travail. Les traités écrits pour l'enseignement général sont le point de départ obligé, mais leur programme ne peut comprendre toutes les données pratiques qui sont nécessaires. A l'opposé, un stage dans un atelier d'optique industrielle apprendrait trop lentement les détails purement manuels du travail du verre. Le guide souhaité doit trouver place entre ces deux extrêmes, se rapporter expressément à l'observation astronomique et faire ce crédit au lecteur de penser qu'il est digne d'une «formation professionnelle accélérée ». Tel est le but de l'ouvrage de M. Jean Texereau.

Comme beaucoup d'entre nous, les astronomes et opticiens, M. Texereau fut d'abord un amateur et a commencé à travailler seul. Il est ensuite entré au

Laboratoire d'Optique de Paris où une collaboration quotidienne de plusieurs années a confirmé l'estime que j'avais de son activité et de son talent. Il a acquis ses lettres de maîtrise en exécutant les beaux miroirs du télescope Cassegrain de 60 centimètres qui a été mis en service l'an dernier à l'observatoire de Meudon. D'autre part, il a assumé comme secrétaire de la Commission des Instruments de la Société Astronomique de France, une tâche qui demandait beaucoup de dévouement, et qui s'est révélée très fructueuse. Sous sa direction, de nombreux amateurs se sont initiés aux travaux délicats de l'optique astronomique, dans un local - assez modeste - où l'Observatoire de Paris leur a donné accueil. J'ai eu grand plaisir à examiner quelques très bonnes pièces qui y ont été réalisées. Ce livre court est donc le fruit d'une expérience étendue. Des méthodes décrites ici, beaucoup sont classiques et se rapprochent de celles de l'industrie ; d'autres ont été créées dans mon laboratoire ; d'autres enfin sont particulières aux amateurs, je veux dire adaptées à leurs besoins et aux moyens dont ils disposent. Toutes sont simples et éprouvées. Le mode d'exposition de M. Texereau, précis, détaillé, concret, convient parfaitement à son but et paraîtra très vivant à ceux qui le suivront attentivement.

Pour clore ce propos, j'exprimerai des vœux. Le premier est que, séduits trop exclusivement par leurs manipulations d'opticiens, les nouveaux adeptes n'oublient pas leur but, qui est l'étude du Ciel. Je souhaite enfin que cet ouvrage soit lu non seulement par ceux dont il doit guider les travaux pratiques, mais encore par les personnes plus nombreuses qui, sans prétendre mettre la main à l'œuvre, désirent connaître en détail les méthodes - subtiles et intéressantes en elles-mêmes - grâce auxquelles ont été réalisées les instruments qu'elles utilisent.

ANDRE COUDER

TABLE DES MATIÈRES

*Les numéros placés au début des lignes sont ceux des paragraphes ;
les autres renvoient aux pages*

PREFACE	V
AVANT-PROPOS	XIII
AVANT-PROPOS DE LA SECONDE ÉDITION	XV

CHAPITRE PREMIER CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET PROJET

1.- Insuffisance de l'optique géométrique pour la conception correcte de l'instrument astronomique	1
2.- Un peu d'optique physique	2
3.- Définition de l'objectif parfait	3
4.- Règle de Lord Rayleigh	6
5.- Description sommaire des principaux types d'instruments astronomiques.....	7
6.- Lunette ou télescope	9
7.- Conclusion pratique : le télescope standard	11

CHAPITRE II RÉALISATION DU GRAND MIROIR

8.- La forme du grand miroir du télescope de Newton	15
9.- Généralités sur le travail du verre et théories du polissage.....	17
10.- La matière première	20
11.- Abrasifs	23
12.- Produits à polir	24
13.- Résumé pratique, fournitures nécessaires et adresses utiles.....	25
14.- Matériel utile pour tailler le miroir	27
15.- Opérations annexes	29
16.- Ebauchage du miroir	30
17.- Contrôle du rayon de courbure	33
18.- Fin de l'ébauchage	34
19.- Apprêt et doucissage	35
20.- Qualités d'un bon douci	38
21.- Insuccès au doucissage	39
22.- Généralités sur les polissoirs	40

VIII

23.- Fabrication du polissoir à carrés de poix rapportés	41
24.- Dispositions générales pour le polissage	43
25.- Conduite du polissage	45
26.- Fin du polissage	50
27.- Généralités sur les moyens de contrôle	51
28.- Revue rapide des principales méthodes de contrôle	51
29.- Explication géométrique de la méthode de Foucault	55
30.- Détails de construction d'un appareil de Foucault	58
31.- Pratique de l'essai de Foucault	62
32.- Diffraction dans l'essai de Foucault	63
33.- Sensibilité limite de l'essai de Foucault	65
34.- Principe du contrôle des miroirs paraboliques	65
35.- Définitions relatives à l'aberration de sphéricité	65
36.- Description de l'aberration de sphéricité	67
37.- Mesure de l'aberration de sphéricité	69
38.- L'écran à échancrures A. Couder	70
39.- Pratique et causes d'erreurs des mesures visuelles à l'écran	71
40.- Défauts de non révolution	73
41.- Mamelonnage et micromamelonnage	74
42.- Les défauts zonaux	76
43.- Les retouches locales	78
44.- La parabolisation	80
45.- Retouches de paraboles imparfaites	82
46.- Réduction des aberrations au plan focal	83
47.- Le bulletin de contrôle	84
48.- Interprétation du bulletin de contrôle	87

CHAPITRE III LE MIROIR PLAN DIAGONAL

49.- Miroir ou prisme, qualités requises	89
50.- Forme et dimensions du miroir plan	90
51.- Contrôle interférentiel des miroirs plans	93
52.- Pratique du contrôle interférentiel des miroirs plans	93
53.- Contrôle des miroirs plans en combinaison avec un sphérique...	96
54.- Matière première	98
55.- Resurfacement des miroirs plans	99
56.- Découpage des miroirs plans	101

CHAPITRE IV PARTIE MÉCANIQUE DU TÉLESCOPE NEWTON STANDARD

57.- Généralités	105
58.- Détails de construction importants	105

CHAPITRE V LA MONTURE AZIMUTALE DU TÉLESCOPE STANDARD

59.- Principe	111
60.- Détails importants ou intéressants	111

**CHAPITRE VI
PROJET D'UN TÉLESCOPE CASSEGRAIN**

61.- Disposition générale classique et notations	119
62.- Avantages et inconvénients du Cassegrain classique	120
63.- La variante du Cassegrain coudé	121
64.- Discussion du choix des caractéristiques	123
65.- Calcul des autres caractéristiques correspondantes	123
66.- Coefficients de déformation des miroirs	124
67.- Appréciation des difficultés d'exécution	127
68.- Exemples récapitulatifs de projets complets	128

**CHAPITRE VII
RÉALISATION DU GRAND MIROIR CASSEGRAIN**

69.- Contrôle sommaire de la trempe	131
70.- Perçage du trou central	132
71.- Travail du miroir percé	134
72.- L'écran à échancrures A. Couder	135
73.- Parabolisation des miroirs de grande ouverture relative	136

**CHAPITRE VIII
LE MIROIR SECONDAIRE CASSEGRAIN**

74.- Contrôle de l'ensemble de la combinaison sur une étoile	137
75.- Contrôle de l'ensemble de la combinaison avec un miroir plan	140
76.- Méthode de Hindle	140
77.- Contrôle du secondaire sur calibre convexe	141
78.- Méthode générale de travail des petits miroirs	142
79.- Débordage	143
80.- Ebauchage	144
81.- Sphérométrie	145
82.- Doucissage	146
83.- Polissage et retouches	147

**CHAPITRE IX
PARTIE MÉCANIQUE DES CASSEGRAINS**

84.- Extrapolation d'un tube de télescope standard	151
85.- Tubes cylindriques	154
86.- Détails de construction d'un Cassegrain de 257 mm	155

**CHAPITRE X
LAMES DE FERMETURE**

87.- Utilité d'une lame de fermeture	161
88.- Choix de la matière	164
89.- Perçage du trou central et débordage	165

90.- Tolérances de doucissage	166
91.- Ebauchage, apprêt, doucissage	168
92.- Contrôle optique de la lame	173
93 - Polissage et retouches	175
94.- Contrôle quantitatif et réduction	178

CHAPITRE XI LES OCULAIRES

95.- Généralités sur les oculaires	181
96.- Les principaux types d'oculaires	182
97.- La lentille de Barlow	187
98.- Série standard d'oculaires de Plössl	190

CHAPITRE XII LES MONTURES ÉQUATORIALES

99.- Généralités	195
100.- Principaux types de montures équatoriales	197
101.- Solutions plus ou moins déconseillées	201
102.- Conseils pratiques pour la construction d'une monture à berceau	205
103.- Conseils pratiques concernant les montures à berceau déporté	212
104.- Conseils pratiques relatifs aux montures anglaises simples	213
105.- Conseils pratiques pour les montures allemandes	216
106.- Conseils pratiques concernant les montures à fourche	218
107.- Conseils pratiques sur les montures à table en bout d'axe polaire	224
108.- Généralités sur les entraînements horaires	224
109.- Entraînement par vis et secteur lisse	226
110.- Entraînement classique à grande roue tangente dentée	229

CHAPITRE XIII ACCESSOIRES, FINITION

111.- Chercheurs	235
112.- Porte-plaque à oculaire guide latéral	237
113.- Peintures et traitements des pièces métalliques	242
114.- Argenture ou aluminure des miroirs de télescopes	243
115.- Argenture chimique des miroirs	244
116.- Aluminure des miroirs	249
117.- Expédition des miroirs à l'aluminure	250
118.- Soins à donner aux aluminures	253

CHAPITRE XIV RÉGLAGES

119.- Centrage des télescopes de Newton	255
120.- Centrage des Cassegrains	258
121.- Equilibrage d'un équatorial	259
122.- Mise en station définitive d'un équatorial	261

CHAPITRE XV
LA TURBULENCE ATMOSPHERIQUE

123.- Difficultés d'emploi d'un télescope de moyenne puissance	263
124.- Effet des défauts de l'air	264
125.- Altération de l'image stellaire dans un petit instrument	265
126.- Altération de l'image stellaire d'un grand instrument	267
127.- Altération de l'image de diffusion photographique	269
128.- Premier étage de turbulence : l'instrument	274
129.- Deuxième étage : la turbulence locale	277
130.- Troisième étage : la turbulence en altitude	278
131.- Conclusion	279

AVANT-PROPOS

Depuis notre premier article de 1939 ⁽¹⁾ décrivant sommairement la réalisation d'un télescope d'amateur, une correspondance suivie avec de nombreux collègues actifs de la Société Astronomique de France nous a montré dans quel sens une telle description devait être développée pour être vraiment utilisable par le maximum de personnes.

A la fin de 1945, avec la création de la Commission des Instruments au sein de la Société, des besoins et des possibilités nouvelles sont survenus. En même temps, nous avons eu la chance de pratiquer quotidiennement le travail des objectifs astronomiques au Laboratoire d'Optique de l'Observatoire de Paris, sous la conduite du plus grand Maître contemporain en cette matière : M. André Couder. Naturellement, la nouvelle description s'est beaucoup inspirée de cette expérience, aussi bien pour le travail et le contrôle des miroirs que pour la partie mécanique. Nous sommes persuadés que les centaines d'amateurs qui ont déjà réalisé des télescopes d'après ces indications se joindront à nous pour remercier M. A. Couder de l'intérêt bienveillant et de l'aide précieuse qu'il n'a cessé de prodiguer aux amateurs constructeurs.

Les circulaires 1946-47 de la Commission des Instruments peuvent être considérées comme le premier tirage réduit de ce travail. Le second tirage sous forme de suite d'articles dans le Bulletin de la Société Astronomique de France à partir de mai 1948 a déjà permis la réalisation de plus de 200 télescopes. Nous espérons que ce troisième tirage réuni sous la forme plus pratique d'un livre, corrigé et complété en plusieurs points, facilitera les premiers pas des nouveaux venus dont le nombre décuplera peut-être le chiffre initial des adeptes.

Nous voudrions préciser d'abord la signification de l'entreprise : faire soi-même son télescope, ce n'est pas, ce ne doit pas être réaliser un bricolage plus ou moins médiocre ou inutilisable, mais avant tout produire à bon compte un instrument apte à rendre des services en rapport avec ses dimensions, ce qui implique une optique parfaite et une monture correcte ; ces conditions ne sont pas incompatibles avec les possibilités d'une personne non professionnelle et mal outillée si elle veut bien suivre une discipline stricte pour l'exécution de la partie optique et adopter une monture mécanique sans prétention, mais facile à construire et réellement pratique.

⁽¹⁾ *L'Astronomie*, t.53, juillet 1939, pp.311-318.

Le travail des verres d'optique de précision devient rapidement passionnant pour ceux qui aiment réaliser quelque chose de leurs mains ; il n'est même pas exagéré de dire que pour beaucoup d'amateurs, surtout en Amérique, l'application à l'Astronomie passe après.

Mais ce n'est pas uniquement par souci d'économie ou par plaisir que l'on peut être amené à construire soi-même son télescope ; l'industrie ne peut pas fournir facilement un instrument astronomique un peu grand irréprochable ; les soucis du constructeur devant faire face aux difficultés commerciales actuelles, sont très différents de ceux de l'observateur qui a besoin d'un instrument parfait réellement adapté à ses besoins et ne dispose pas d'un budget illimité pour sa construction.

Nous avons groupé dans cette description des renseignements de nature très différente et qui doivent être compris de façon également très différente :

- Les rappels d'optique physique et les généralités du projet ne sont là que pour éviter des faux pas aux débutants qui s'engagent trop souvent dans des réalisations impraticables ; nous ne pouvons prétendre traiter aussi sommairement de façon satisfaisante toutes les connaissances utiles à l'observateur, nous recommandons vivement l'étude de l'ouvrage classique de MM. A. Danjon et A. Couder : Lunettes et Télescopes à ceux qui ne se contenteront pas de ces bribes.

- Les renseignements sur le travail du verre avec des moyens d'amateur sont au contraire très détaillés, c'est que pour produire effectivement quelque chose, on ne peut rien négliger. On ne triche pas avec une réalité expérimentale, notre éducation nous rend tous aptes à triompher par des raisonnements dans nos rapports avec nos semblables, mais pour gagner une bataille sur la matière il faut avoir effectivement raison ; ceci n'arrive que dans la mesure où l'on sait intégrer toutes les causes déterminantes en une pratique fondée sur l'expérience et non sur nos chères théories qui ont toutes chances d'être des approximations inacceptables dans une technique où le centième de micron a son importance ; à cette échelle notre « bon sens » ne donne pas de réactions valables. On peut dire que la seule difficulté pour le débutant est de triompher de son « bon sens »

- Pour la partie mécanique, nous nous sommes limités aux plans d'une monture simple due à M. A. Couder. Ici la liberté d'interprétation reprend ses droits. Nous sommes beaucoup trop individualistes pour qu'un modèle réellement standard soit viable. Sauf sur quelques points importants comme le support du miroir sans contrainte, on adaptera généralement les dessins à des désirs particuliers ou à des pièces que l'on possède déjà.

J. T.

AVANT-PROPOS DE LA SECONDE ÉDITION

La réalisation de milliers de miroirs, sinon d'instruments complets, par les lecteurs de la première édition provoqua bien entendu de nombreuses questions et des demandes pressantes en même temps qu'un apport de données utilisables pour d'autres collègues ; ainsi fonctionne toujours la Commission des Instruments de la Société Astronomique de France et cette seconde édition, plus étoffée, traduit partiellement ce développement normal.

Mais l'abondance des matériaux peut entraîner aussi quelques inconvénients, au moins pour les nouveaux lecteurs. En particulier les jeunes qui dévoreront ce livre seront menacés d'indigestion ; ils se détourneront peut-être prématurément d'une réalisation qu'ils croyaient plus simple et en tous cas moins longue ; ils pourront au contraire entreprendre inconsidérément un instrument exceptionnel d'élaboration délicate dont ils sous-estimeront les embûches faute d'expérience personnelle. Nous avons tenté de préserver, d'isoler les données de base, celles du télescope standard de 200 mm, seule entreprise rationnelle pour un débutant. Même le pas à pas de ce domaine restreint peut faire hésiter ceux qu'un excès d'informations tend à paralyser. Il faut au contraire attaquer d'emblée le travail matériel ; très vite l'on se rend compte que c'est facile, la confiance vient ; l'application, l'effort initial se transforment peu à peu en intérêt, en plaisir ; la marotte motrice s'éveille, elle ne donne qu'une faible accélération au début, mais si elle est maintenue assez longtemps le résultat sera étonnant.

L'inhibition dans un climat d'information scientifique, axé de plus en plus sur le «formidable » comme une publicité, peut inquiéter dans une certaine mesure l'honnête homme 1961 ; non seulement il ne se sent plus personnellement en course mais ses compatriotes les plus qualifiés, la surenchère aidant, risquent de le décevoir s'ils ne remportent une moisson de prix Nobel comme des médailles d'or de Jeux olympiques. Qu'il se rassure ! Une intelligence très ordinaire et un peu de goût suffisent pour acquérir «en amateur » de belles satisfactions. Dans amateur il faut d'abord voir aimer, celui qui aime ne mesure pas la durée de ses efforts, de son travail puisque c'est son plaisir, son passe-temps. Peu à peu cette somme de travail lui donne une solide maturité, il découvre la richesse de l'enseignement donné par les réalités physiques elles-mêmes, il apprend à observer, à tirer leçon d'échecs successifs devenus bénéfiques ; son but initial est sensiblement dépassé, non seulement il possède un télescope et comprend ce qu'il voit dedans mais sa personnalité enrichie le rend moins vulnérable.

J.T.