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 6o 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

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.- Resurfaçage 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 ATMOSPHÉRIQUE

123.- Difficultés d'emploi d'un télescope de moyenne puissance 263
124.- Effet des défectuosités 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 pouvions 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.