

Polir un miroir de télescope, quelle aventure passionnante...

Frédéric DEFRENNE

Tailler soi-même un miroir de télescope est une formidable aventure qui permet d'apprendre, comprendre, démystifier, améliorer et maîtriser l'instrumentation astronomique. Récit et anecdotes autour de la construction d'un Dobson de 150 mm de diamètre.



Dobson vue de face : " Un Dobson de 150 mm de diamètre construit sur mesure "

EN présentant en février 1672 son télescope de 37 mm de diamètre, Isaac Newton avait-il imaginé que son idée de génie serait encore exploitée trois siècles plus tard ? C'est loin d'être sûr ... Et pourtant, le télescope de Newton se retrouve aujourd'hui partout : du 115/900 d'initiation au classique 200 mm dit de type " Pierre Bourge ", en passant par les toujours plus nombreux Dobson de 450 mm de diamètre et plus. Quel succès incroyable!

Cette extraordinaire réussite vient du fait que la formule optique est fort simple, encore fallait-il y penser, et que la réalisation du miroir primaire est largement accessible à tout amateur motivé, rigoureux et un minimum bricoleur. C'est à partir de ce constat que j'ai décidé durant l'été 1998 de me lancer dans la taille et l'assemblage d'un petit Dobson de 150 mm. L'idée était celle de disposer d'un télescope peu encombrant, facile à transporter, et lumineux, pour faire des observations du ciel profond. Illustration de cette passionnante et contagieuse aventure.

Septembre 1998 - L'aventure commence !

Pour mettre toutes les chances de mon côté, je commence par acquérir des ouvrages spécialisés sur la construction de télescopes, et à bombarder de questions un ami astronome amateur, Patrick Sogorb, qui avait réalisé l'an passé un Newton de 200 mm pour photographier le ciel profond. Cette aide extérieure est un plus indéniable qui facilite la réalisation du projet.

Je donne les premiers coups de scie et marteau pour réaliser un poste de travail, outil

indispensable pour tailler le miroir. Je m'inspire largement du plan décrit par Michel Lyonnet du Moutier dans son ouvrage " Construisez vous-même votre télescope ", le poste de travail proposé étant utilisé avec succès depuis de nombreuses années par la Société Astronomique de France (Commission des Instruments).

Entre temps, je me procure deux disques de verre, l'un en Pyrex qui deviendra le miroir, et l'autre en verre à vitre (couleur vert bouteille) qui servira d'outil. Aucune confusion n'est possible entre les deux tellement la différence de couleur est importante. Nous y voilà, j'ai mes deux " bouts de verre ", un solide poste de travail, des émeris, des éponges, des bassines, une grande dose de motivation... il n'y a plus qu'à frotter pour creuser ! Allez, au travail !

Octobre 1998 - Un secret de polichinelle : l'huile de coude !

Plus un télescope est ouvert plus le miroir primaire est concave, c'est-à-dire plus sa flèche est importante. Pour mon 150 mm je souhaitais un rapport d'ouverture de 5, soit une focale de 750 mm. La calculatrice confirme mes calculs, la flèche sera de 1,875 mm. L'outil (disque en verre à vitre) est placé sur le poste de travail, maintenu par trois cales en bois, je l'humidifie, le saupoudre d'émeris (Carborundum 80 - grain moyen de 200 microns), et viens positionner dessus le disque en Pyrex. Un peu hésitant, je commence à frotter en réalisant des courses décentrées, comme indiqué dans les ouvrages, pour faire passer le centre du miroir sur le bord de l'outil. En

roulant entre les deux disques, les grains d'émeris arrachent littéralement de tout petits morceaux de verre, et occasionnent pour le coup un bruit de frottement surprenant. Affolement dans la maison : " Frédéric, c'est quoi ce bruit ? ", très stoïc je réponds : " Rien de spécial, je taille mon miroir de télescope ! ". Et de me rétorquer : " Ah bon ! Mais, ça va durer longtemps ce bruit ? ", et moi : " Bah, j'en sais rien, faut que je creuse ! "...

L'effet de surprise terminé, je note qu'il faut exercer une pression plus importante sur le miroir pour qu'il se creuse, je décide donc d'appuyer plus fermement. Un petit contrôle visuel met en évidence un "os" : l'usure ne se fait que sur le centre du miroir, absolument pas sur le bord, bref on dirait un cendrier ! Une heure de travail supplémentaire n'y fait rien, impossible d'éliminer ce cordon. J'en fais des cauchemars, c'est dire ! Après réflexion je me dis que les émeris utilisés ne sont peut-être pas de bonne qualité, je change donc ma source d'approvisionnement, en espérant que les nouveaux émeris seront plus efficaces. Résultat : le cordon disparaît en moins d'un quart d'heure, ouf, ça marche ! Ça y est ma flèche est atteinte, l'ébauchage est ainsi terminé; passons à l'étape suivante.

Novembre 1998 - Y 'a des bulles !

A ce stade mes deux disques ont des rayons de courbure différents, cela se traduit par une superbe bulle d'air entre le miroir et l'outil. Je suis impressionné par cette menaçante bulle d'air, mais deux bonnes heures de travail au Carborundum 120 (grain moyen de 100 microns) la font disparaître sans souci.

J'avance bien, je suis content. Bon, voyons maintenant ce que dit mon livre de recettes favori (je veux évidemment parler de l'excellent ouvrage de Karine et Jean-Marc Lecleire) : " Etape suivante : Doucissage ". Allons-y ! La surface du miroir est rugueuse, on se croirait sur la Lune, je vais la rendre plus douce en utilisant des grains d'émeris de plus en plus fins (de 80 à 9 microns pour les plus petits). A chaque changement d'émeris c'est le même rituel : je remplace les cales en bois, dispose une nouvelle feuille de plastique sur le poste de travail, change d'éponge et de bassine. Il ne s'agit pas de maniaquerie excessive, mais simplement de bon sens, car il ne faudrait pas que je pollue le poste de travail avec des grains

précédents plus gros. Il ne manquerait plus que ça ! Je fais un petit examen de la surface du miroir primaire au microscope pour voir si les piqûres disparaissent, je balaye du regard le miroir, ça semble pas mal. Ah, il y a quand même une piqûre qui semble plus importante que les autres et surtout bien régulière. Bizarre, bizarre ! Ça ne serait quand même pas une... mais si ! Je viens de déboucher une bulle d'air emprisonnée dans le verre ! Quelle misère ! Y 'a pas à tortiller, faut que je revienne en arrière avec des grains d'émeris plus gros pour éradiquer ce beau petit trou. Résultat des courses : je perds quinze jours de travail. Pas facile la vie d'astronome amateur !

Entre temps, je contrôle la focale du primaire pour m'apercevoir qu'au lieu des 750 mm prévus, la focale fait en réalité 780 mm, ce qui signifie que je n'ai pas assez creusé. Tant pis, je rallongerai simplement de quelques centimètres le tube ! La fin du doucissage se passe sans encombre, sauf l'épisode du " collage " des deux disques : les rayons de courbure des deux pièces sont si proches l'un de l'autre qu'ils finissent par se confondre. Imaginez-vous en train de frotter tranquillement lorsque d'un seul coup l'outil se bloque sec sur l'outil, ne pouvant plus être déplacé; j'aime mieux vous dire que ça surprend ! " Qu'est-ce que je fais ? (1) Je force ? Quand même pas terrible ! (2) Je donne un coup de maillet ? C'est pas beaucoup mieux ! (J'suis pas un sauvage !) (3) Je consulte mon livre de chevet ? C'est mieux ainsi... ". La voix de la raison me conduit à tremper l'outil dans une bassine d'eau chaude tout en laissant à l'air libre le miroir : miracle, la dilatation de l'outil provoque le " décollage " des deux pièces. Ouf, j'ai eu chaud !

Décembre 1998 à Février 1999 - La poix, c'est la poisse !

La taille du miroir prend une nouvelle dimension avec l'entrée en scène d'un nouvel acteur, la " poix ". L'idée est d'intercaler entre l'outil et le miroir des petits carrés de poix et un agent polissant pour rendre la surface du miroir réfléchissante. La poix est une résine issue des conifères des pays nordiques, elle est tendre et elle colle bien aux mains, je vous le confirme ! Pour réaliser des petits carrés que je disposerai sur l'outil (qui deviendra le polissoir) je la chauffe à 60° pour la rendre liquide et la coule dans un moule en silicone. Après



De haut en bas :

-**Poste de travail** : "La base du poste de travail permet de placer des objets lourds pour le rendre plus stable"

-**Bulle d'air entre les deux disques** : "La bulle d'air entre les deux disques trahit des rayons de courbure différents"

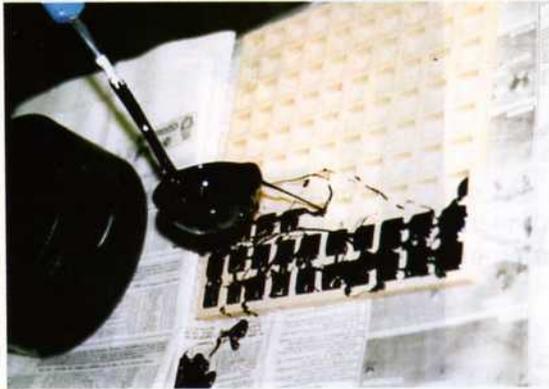
-**Dépôt d'abrasif entre les deux disques** : "Dépôt d'abrasif sur les deux disques"

quelques minutes de refroidissement je démoule ces petits carrés et les colle sur l'outil en les passant sous la flamme d'une bougie pour qu'ils adhèrent. L'opération se passe pour le mieux, je m'amuse bien, même si ça colle aux doigts et que quelquefois je me brûle (rien de grave je vous rassure !). Je mets le polissoir au même rayon de courbure que celui du miroir primaire en intercalant entre les deux une feuille de papier de soie (il ne faudrait pas que la poix adhère au miroir primaire) et en posant un poids de deux kilos sur l'outil. La mise en pression se fait en quelques heures. Maintenant, il me faut frotter à nouveau. Durant ces trois mois de polissage je frotte pour éliminer le "gris" (ce sont de toutes petites piqûres qui se comptent par milliers) si bien que le miroir devient réfléchissant. J'ai l'impression que ce bout de verre prend vie : après lui avoir donné forme en le rendant concave, je lui permets de réfléchir la lumière. C'est génial !

Lors du nettoyage du miroir dans l'évier, je prends conscience de la fragilité du verre. Et bien oui, si vous cognez un miroir sur un bord d'évier vous risquez la casse ! Je ne sais pas ce qui m'arrive, en passant le miroir sous le robinet, il m'échappe légèrement des mains et tape le bord de l'évier. Un peu livide je regarde le résultat de cette stupide maladresse : seulement une petite écaille de 5 mm sur la face arrière du miroir ! Et bien mon vieux je m'en sors bien, cela aurait pu être plus dramatique. A l'avenir, je redoublerai de prudence.

le primaire et pour interpréter les jeux d'ombres observés. Je m'y fais rapidement. Je suis surpris de ce que je vois : la teinte plate ne couvre pas toute la surface du primaire, elle apparaît sous forme d'anneau et se déplace simultanément avec le mouvement en avant ou en arrière du couteau de Foucault. Cela signifie que le miroir n'est plus tout à fait sphérique, mais qu'il commence à devenir parabolique. Ma première mesure donne une précision de seulement 460,9 nanomètres, ce qui est normal à ce stade du travail, soit λ sur 1,2 (avec 550 nanomètres comme longueur d'onde de référence). Quant à l'état de surface du miroir je relève la présence de mamelonnage, ce que j'élimine rapidement en polissant à nouveau pendant une heure et sans exercer la moindre pression avec les mains.

Je ne vais pas expliquer ici comment fonctionne la parabolisation, ce serait trop long et certains ouvrages s'en chargent très bien, je dirai simplement qu'un bon polisseur est celui qui comprend et ressent ce qu'il fait. Certes des mouvements spécifiques existent pour corriger certains défauts, du genre bord rabattu, bosse centrale, ..., mais chacun doit ressentir l'incidence de la retouche qu'il exerce, d'autant plus que d'une personne à l'autre les résultats ne sont pas systématiquement reproductibles. Des mois et des mois de tâtonnement et de délicates retouches défilent, notamment un certain mois d'août 1999 pour le moins nuageux (j'arrête de parler de choses qui fâchent !), et en ce 24 octobre la 34ème retouche me donne un défaut maximal de 39,6 nanomètres soit λ sur 13,9 PTV. Content, je décide de m'arrêter là, estimant que le miroir me donnera des images nettes, du moins je l'espère. D'ailleurs, la course au meilleur " λ sur ..." est totalement inutile et illusoire dans la mesure ou au-dessus de λ sur 16 il n'est plus possible de réaliser des mesures objectives avec les moyens de contrôle dont disposent les amateurs (tout le monde n'a pas un banc interféromètre chez soi !), et finalement l'état de surface est aussi important, sinon plus, que la mesure du plus gros défaut. Ce n'est pas sans encombre que j'en suis arrivé là, puisqu'il m'est arrivé de faire cinq ou six retouches de suite pour voir la précision du miroir s'améliorer nettement, et qu'à la septième je me retrouve deux mois en arrière ! C'est ainsi qu'entre la 25ème et 26ème retouche le miroir est passé de λ sur 8,8 à λ sur 1,8 ! Le moral a suivi la même pente ! D'où l'intérêt de noter dans un cahier la nature des retouches, leur durée, la température



Coulage de la poix dans le moule : "La poix liquide est versée dans un moule en silicone"

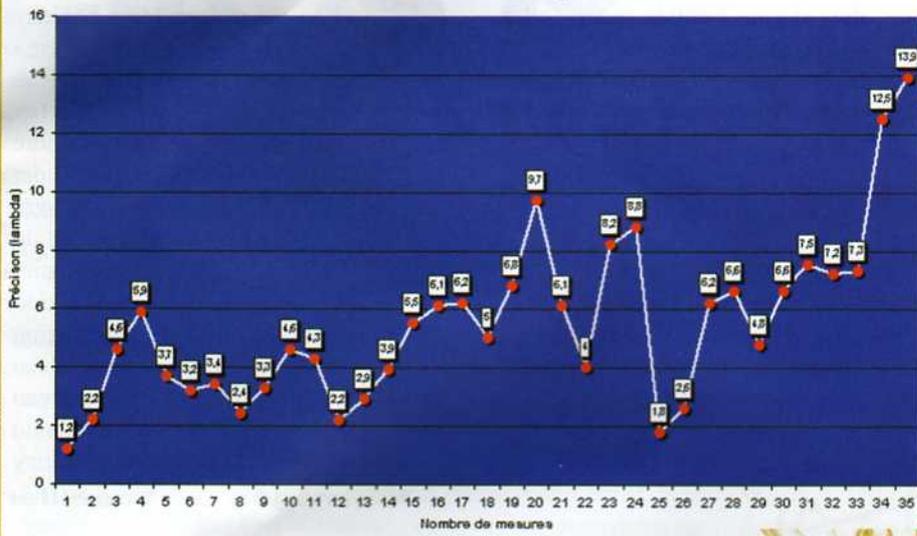


Mise en pression du polissoir : "La poix étant tendre, il suffit de mettre en pression le polissoir pour qu'il ait le même rayon de courbure que celui du miroir"

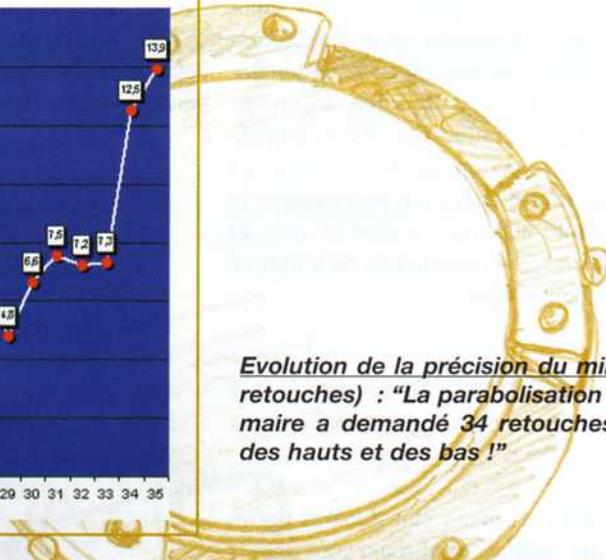
Avril 1999 à Octobre 1999 (en passant par un certain 11 Août 1999 ! Grrrrr !!!) - Sur les traces de Monsieur Léon Foucault !

Lorsque j'ai débuté la taille du miroir je ne me suis pas fixé de calendrier prévisionnel, ni même de durée de réalisation, puisque le facteur temps m'importait peu. Je souhaitai réaliser un télescope soigné tant au niveau de sa qualité optique que de sa finition mécanique et esthétique. La délicate étape de parabolisation ne m'a pas démentie, bien au contraire. En ce 24 avril je vais réaliser mon premier contrôle à l'appareil de Foucault, histoire d'avoir un aperçu de l'état de surface du miroir primaire et de mesurer l'aberration longitudinale. Le maniement de l'appareil de Foucault demande un peu d'habitude pour retrouver le faisceau lumineux focalisé par





Evolution de la précision du miroir (34 retouches) : "La parabolisation du primaire a demandé 34 retouches, avec des hauts et des bas !"



de la pièce, etc., pour éviter de faire deux fois la même erreur et de mieux remonter la pente en cas de chute !

A ce stade de l'évolution du projet je fais un point global de la situation : le miroir est précis à quasiment lambda sur 14, son état de surface est soigné, ma famille me supporte encore (point important à ne pas négliger !), et pour ma part je suis motivé comme jamais pour mener à terme cette passionnante aventure. C'est donc avec impatience que j'entame la construction du tube.

Novembre 1999 à Mars 2000 - Je scie, je colle, je cloue et je vernis !

Pour la conception du tube mon idée est arrêtée depuis longtemps : je le souhaite rigide et esthétique, il sera donc octogonal et en bois verni. Je ne rencontre aucun problème pour découper à la scie sauteuse les huit panneaux en contre-plaqué de 5 mm d'épaisseur; les diaphragmes internes et le barillet en bois de 10 mm ne posent pas plus de souci. La base de la monture est également en contre-plaqué de 10. Je colle et cloue toutes ces pièces et passe cinq couches de vernis pour donner un aspect "meuble ancien". L'intérieur du tube est évidemment peint en noir mat pour renforcer le contraste et éviter toute réflexion parasite. Je prends un réel plaisir à construire et assembler ces pièces en bois, le télescope prend véritablement vie. Le porte-oculaire à cabestan, le miroir secondaire et l'araignée sont achetés dans le commerce (Société Astam), leur réalisation n'étant pas des plus simples. Pour le chercheur je monte un 6x30 Meade recou-

vert de vénilia noir et dont le support est bien sûr en bois verni. Des petites vis en Nylon prennent place pour le réglage.

Pour que les mouvements soient doux et sans à-coups j'utilise des morceaux de Téflon et un plastique rigide rugueux que je découpe sur mesure (on trouve tous ces produits dans les grandes surfaces du bâtiment).

Le seul point délicat que j'ai à résoudre est celui de l'équilibrage, puisque je dispose d'oculaires LVW relativement lourds qui déplacent sensiblement le centre de gravité du tube hors de son axe. A tout problème sa solution, je décide donc de rajouter sur un des panneaux du tube une barre en laiton (le laiton donne un petit côté ancien et marin fort sympathique) sur laquelle va venir coulisser un contrepoids réalisé à partir de grosses rondelles (coût de l'opération : pas plus de 50,00 F !). Eurêka, ça marche !

Le télescope est assemblé, je le trouve plutôt réussi avec ce bois verni et ces petites touches laitonnées, mais la cerise sur le gâteau est la petite plaque signalétique en laiton que je visse près du chercheur. Elle indique notamment "Fred Deep Sky Telescope", allez chercher pourquoi ?

Mai 2000 - Un miroir primaire sous cloche !

Comment pourrais-je observer les objets du ciel profond avec un télescope dont le miroir primaire ne reflète que 4% de la lumière ? C'est bien difficile ! Je décide logiquement de le faire traiter par une société spécialisée, l'opération n'étant pas accessible aux amateurs (on n'a pas tous, non plus, une cloche à vide sous la main !). Aluminure ou argenture ? L'aluminure,



Vue de profil du télescope : "Le Dobson de 150 voit enfin le jour. Quelle récompense !"



Vue du miroir primaire argenté dans son barillet : "Le miroir primaire argenté dans son barillet en bois"

moins onéreuse, a l'avantage de très bien vieillir dans le temps, mais l'argenteure offre un pouvoir réfléchissant bien supérieur. J'opte finalement pour une argenteure. Le miroir me revient donc complètement réfléchissant et la durée de vie du traitement est garantie par une excellente couche de protection qui le recouvre. La courbe de transmission qui accompagne le miroir assure une transmission de plus de 97% dans les 550 nanomètres de longueur d'onde ! Fantastique !

Juin 2000 - Moment de vérité : les premières lumières !

Je suis dans le même état d'esprit qu'un enfant qui attend Noël pour ouvrir ses cadeaux : je suis impatient ! Plein de questions m'envahissent l'esprit : L'image sera-t-elle nette ? Les étoiles ponctuelles ? La coma pas trop importante ? L'astigmatisme inexistant ?... bref, un peu d'inquiétude quand même. C'est lors des RAP 2000 (Rassemblement Astronomique du Pilat) que mon 150 voit ses premières lumières. La nuit tombe, le ciel est bien dégagé, ce soir c'est le grand soir ! J'installe un oculaire de 22 mm de focale et pointe l'amas d'Hercule M13. Un peu hésitant j'approche l'œil à l'oculaire, "Ourgh !!!" l'image est floue, j'actionne rapidement le cabestan du porte-oculaire, évidemment je me trompe de sens, je tourne donc en sens inverse, et là... "Ouah ! Ca pique !" La belle petite boule piquée d'étoiles tant vue dans les ouvrages est là, devant moi, à l'oculaire, dans mon télescope taillé maison ! C'est chouette ! Ce qui me frappe le plus c'est la grande luminosité du télescope et la quasi-absence de coma. L'image est vraiment superbe ! Ce soir là j'en profite pour observer NGC4565, M104, M106, M8 et M20,... super nuit !

Aujourd'hui je suis pleinement satisfait de cette première réalisation, d'autant plus que l'optique se révèle être de très bonne qualité, c'est vraiment très étonnant ce qu'il est possible de faire soi-même avec un peu de patience et beaucoup de motivation. Le télescope me sera revenu à près de 3000 francs tout compris, ce qui est à peine moins onéreux qu'un instrument acheté dans le commerce, mais la fierté d'observer dans un télescope dont vous avez taillé vous-même le miroir primaire dépasse toute autre considération. Cette aventure n'est que la première d'une longue série, puisque le projet d'un grand frère de 450

mm est sérieusement à l'étude... Bref, la construction d'un télescope mérite d'être vécue, alors si vous hésitez encore, allez-y, lancez-vous sans plus attendre dans cette extraordinaire aventure, au risque quand même, d'y prendre sérieusement goût ! ■



"Le Dobson de 150 et moi-même lors des RAP 2000 à côté d'un géant de 650 mm de diamètre de marque Obsession" -

Remerciements particuliers à Patrick Sogorb pour ces précieux conseils et encouragements.

ouvrages à conseiller
Réalisez votre télescope - Karine et Jean-Marc Lecleire
Construire son télescope - Dominique Pagé et Réjean Trottier
Lunettes et télescopes - André Danjon et André Couder
Construisez vous-même votre télescope - Michel Lyonnet du Moutier
How to make a telescope (ou sa version française La construction du télescope d'amateur) - Jean Texereau
The Dobsonian Telescope - David Kriege et Richard Berry
ouvrages à conseiller