

L'origine du télescope (II)

Jean Manfroid



Combinaisons optiques

C'est au 16^e s que l'on voit les premiers télescopes primitifs bricolés en combinant deux lentilles, ou un miroir et une lentille.

La première mention non ambiguë d'un tel système remonte à Girolamo Fracastoro (1478–1553) dans *Homocentrica* (1538) : « si l'on regarde au travers de deux verres de lunette on verra tout plus gros et plus proche ». Un peu plus tard Leonard Digges (c. 1520–c. 1559) semble avoir été plus loin dans l'expérimentation, même si ses réalisations sont parfois contestées. Son fils, l'astronome Thomas Digges (c. 1546–1595), dans [*A geometrical practical treatise named Pantometria* (1571) évoque le potentiel des inventions paternelles : de « merveilleuses performances » sont permises par des « verres convexes et concaves de formes circulaires et paraboliques », ce qui est on ne peut plus explicite. Ces télescopes avant la lettre étaient dénommés « perspective glasses ». On peut interpréter certains passages comme décrivant l'obtention de grossissements différents au moyen d'oculaires de focales différentes ainsi

L'astronome Giovanni Domenico Cassini fit amener à l'observatoire de Paris la Tour de Marly qui servait originellement pour la Machine de Marly alimentant en eau les jardins de Versailles. Des objectifs étaient installés au sommet et permettaient d'observer avec des focales gigantesques. En 1684 Cassini découvrit les satellites de Saturne, Dioné et Téthys, avec l'un de ces télescopes. (wikipedia)

que l'affaiblissement correspondant de la luminosité, autant d'indices qui signifieraient une expérimentation réelle et non des considérations théoriques alors impossibles.

Il est probable que Leonard Digges aurait amélioré ses perspective glasses s'il n'avait été condamné à mort en 1554 pour sa participation à la rébellion suscitée par le mariage de la reine Mary I (« Bloody Mary »), fille d'Henry VIII, avec le roi Felipe II d'Espagne. La peine fut commuée mais il perdit tous ses biens et eut d'autres préoccupations que de jouer avec des miroirs et des lentilles.

Vers 1580, menacées d'une invasion espagnole, les autorités anglaises demandèrent au mathématicien William Bourne (c. 1535–1582) de vérifier les allégations de Thomas Digges au sujet des perspective glasses. On

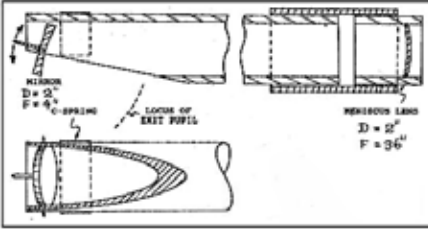


Schéma d'un télescope de Digges selon une reconstruction faite par E. Whitaker, J.Br.Astron.Assoc. 119, p. 64 (2009)

peut ici aussi avoir des interprétations diverses. Bourne décrit de façon assez explicite des télescopes dont l'objectif est une lentille ou un miroir concave de grande focale. Il évoque aussi l'obtention de grossissements de plus en plus grands avec des miroirs de focales croissantes. S'il reste un doute sur la réalité de ces expériences, il peut être balayé par la constatation faite par Bourne de l'obtention d'un très petit champ. Personne à cette époque n'aurait pu spéculer sur cette propriété. Mais Bourne a-t-il réellement pu observer lui-même avec un télescope, cela est juste plausible.

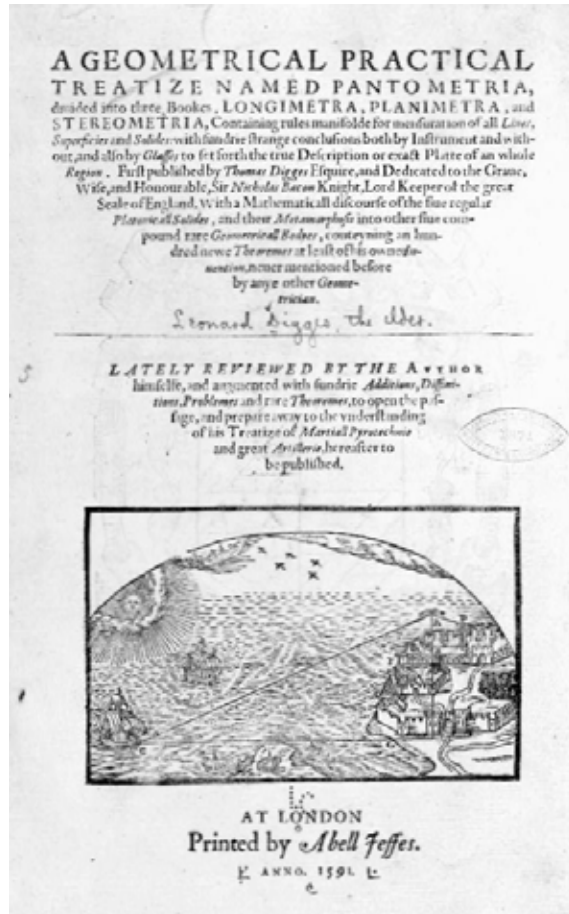
Pourquoi n'entend-on plus parler des instruments de Digges après Bourne ? Selon certains, ce serait pour des raisons de sécurité. Comme les miroirs ardents, la possession de télescopes aurait assuré un avantage militaire. Pour d'autres, il n'y avait tout simplement pas d'instruments fonctionnels ni de schémas permettant d'en construire un.

Le manque de clarté des descriptions anciennes conduit même à une interprétation curieuse d'un « télescope de Digges » associant une lentille comme objectif et un miroir concave comme oculaire. Cette combinaison peut fonctionner bien sûr, mais elle n'est guère pratique.¹ On comprend qu'un tel instrument se devait d'être immédiatement oublié.

L'idée d'associer deux pièces d'optiques pour voir au loin était cependant présente un peu partout en Europe et n'attendait qu'une occasion propice pour se concrétiser de manière définitive.

En 1579, le traducteur et nouvelliste Gabriel Chappuys (c. 1546–c. 1613) parle, dans sa traduction de *La Civile Conversation* d'Estienne Guazzo (1530–1593), de lunettes grossissantes « On trouve certaines lunettes,

Page de titre de la Pantométrie de Leonard Digges, publiée par son fils Thomas en 1571 (Wikipedia)



¹ Des télescopes de Digges ont été construits dans les années 1990 pour en montrer les défauts, si besoin en était.

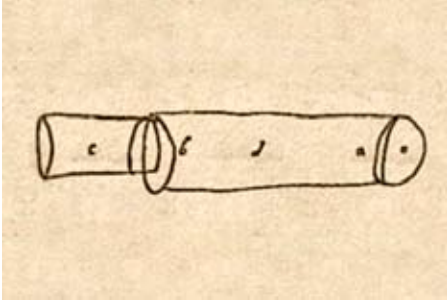


Schéma d'une lunette astronomique joint à une lettre de Giambattista della Porta en 1609. (@ Rice University)

qui font voir les choses plus grandes qu'elles ne sont [...]».

En 1589, Giambattista della Porta (c. 1535–1615), dans une édition des ses *Magiae Naturalis* décrit explicitement l'assemblage d'une lentille convexe et d'une concave pour grossir les objets.

Télescopes

A la fin du 16^e s, la qualité des verres de lunettes s'était bien améliorée et les idées de combinaisons optiques flottaient dans l'air. Malgré les quelques essais évoqués ci-dessus, on peut se demander pourquoi le télescope ou la lunette d'approche n'était pas encore né? La raison en est que malgré l'effet grossissant de ces combinaisons optiques, les images produites n'étaient pas nettes. Peut-être même étaient-elles souvent plus floues que ce que l'on pouvait voir à l'œil nu, tout simplement à cause de la nature même des lentilles qui étaient conçues comme verres de lunette et donc

utilisées près de l'œil. Leur polissage donnait une optique correcte au centre, là où justement passe le regard. Il suffisait d'assurer une homogénéité à l'échelle de la pupille de l'œil, soit quelques millimètres, pour ne pas souffrir de défauts gênants. Les parties périphériques des verres étaient nettement moins bonnes, la courbure changeait et était irrégulière. Or nous avons vu que pour qu'une lentille puisse être utilisée comme objectif de télescope, les défauts à grande échelle doivent être éliminés. La courbure ne peut s'écarter de la forme idéale sous peine de donner des images floues. De petits défauts locaux n'ont quant à eux qu'une importance limitée.

On comprend qu'on se serait vite lassé de tester toutes les combinaisons possibles de lentilles dans un atelier d'optique. La plupart n'auraient donné que des images floues. Peut-être des enfants auraient pu prolonger le jeu et

Hans Lipperhey dans son atelier. Selon une légende, des enfants auraient découvert en jouant qu'en alignant deux verres de lunette ils pouvaient grossir les objets lointains. (© Science Photo Library)



découvrir par hasard une combinaison gagnante. C'est ce que raconte une légende.

Yuri Petronin (« Telescope history, 2012 ») émet une hypothèse plausible sur l'origine du télescope. En 1608, le fabricant de lunettes hollandais Hans Lipperhey² (1570–1619) l'aurait trouvé par hasard en examinant à la loupe la surface d'une lentille inachevée dont les bords n'étaient pas encore polis. Seul le centre formait une image, mais elle était de bonne qualité. En manipulant les lentilles il aurait découvert qu'il était possible d'obtenir une vision agrandie et nette des objets. On pouvait reproduire cet effet avec des lentilles complètement polies en diaphragmant celle servant d'objectif.

Le premier vrai télescope était né. Mais ce n'était pas le « télescope de Galilée », il donnait une image inversée (« télescope de Kepler ») et pour Lipperhey c'était un gros défaut. Comment commercialiser un tel instrument ? D'autres tests lui montrèrent que l'utilisation d'un « oculaire » concave (un verre pour myope) donnait une image droite. Un lunetier disposait à coup sûr de diverses lentilles concaves d'assez forte puissance dans son atelier, et il est très normal qu'il ait expérimenté avec elles. Comme le dit Petrunin, Lipperhey aurait « découvert » le télescope de Kepler et ensuite « inventé » celui de Galilée.

On ne peut qu'être stupéfait de la simplicité de l'astuce qui a permis l'invention du télescope : un simple cache réduisant la surface de l'objectif !

Nombre de télescopes actuels ont dû avoir recours à cette même astuce pour atteindre une qualité acceptable. Tout amateur qui s'est attaqué à la taille et au polissage d'un



Hans Lipper(s)hey (wikipedia)

miroir sait combien il est facile de détériorer le profil des bords et combien il est difficile de le rattraper.

Le télescope de Galilée inventé par Lipperhey était donc constitué de deux verres de lunettes, l'un convexe faisant office d'objectif donnant une image virtuelle que grossissait l'autre, concave, l'oculaire. Seule la partie centrale, de bonne qualité, de l'objectif était utilisée, ce qui se faisait aisément en plaçant un diaphragme approprié devant ou derrière l'objectif.

Les hollandais se bousculèrent pour revendiquer la paternité de l'invention et rafler le marché. Un vendeur ambulant Zacharias Jansen (c. 1584–c. 1635) prétendait en fabriquer au moins depuis 1604, ce qui semble assez improbable car selon les dernières recherches, il n'aurait eu que 14 ans à l'époque. Sa date de naissance est cependant controversée et il aurait pu avoir jusqu'à dix ans de plus. Mais d'autres doutes surgissent lorsque l'on apprend les déboires de Jansen avec la justice, notamment pour de la contrefaçon de monnaie. Jansen est souvent crédité de façon tout aussi peu plausible de l'invention du microscope.

Selon certains témoignages, Jansen ou un autre marchand, vendait des télescopes à la foire d'automne de Francfort de septembre 1608. C'est le mois suivant que Hans Lipperhey puis un certain Jacob Metius (c. 1571–c. 1628) déposèrent des demandes de brevet. Au vu des contestations les autorités préférèrent écarter les requêtes. Le dispositif avait d'ailleurs paru trop simple et trop facile à copier pour pouvoir être breveté (« trop d'autres personnes ont connaissance de cette invention ») et, effectivement, on se mit rapidement à en trouver un peu partout, certains comme jouets d'enfants. Lipperhey est sans conteste celui dont les instruments firent la plus grande impression, et c'est très probablement lui l'authentique inventeur du télescope. Il reçut 900 florins pour

² Parfois orthographié Lippershey à la suite d'une erreur de transcription dans une publication de 1831



Un des télescopes originaux de Galilée. L'objectif de 51 mm de diamètre est une lentille biconvexe de 133 cm de focale. L'oculaire de 26 mm de diamètre est plan-concave et sa focale est de 94 mm, ce qui donne un grossissement de 14 pour l'ensemble et une ouverture relative de plus de 50. Le champ est de 15 minutes d'arc. En 1611, le prince Federico Cesi, fondateur de l'Accademia dei Lincei, suggéra le nom de « télescope » [du grec télé (loin) and scopein (regarder)]. (© Museo Galileo)

Galilée présentant son télescope à Leonardo Donato, doge de Venise (H. J. Detouche 1754 ; wikipedia)

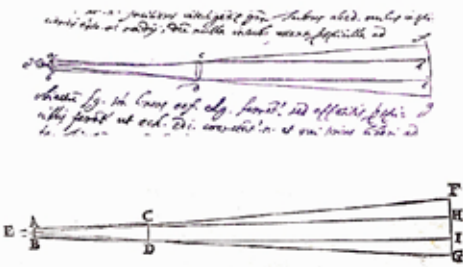


approcher les autorités locales et lui ravir ce monopole.

Peu satisfait de la qualité des premiers télescopes – qui ne grossissaient d'ailleurs que de quelques fois – il se mit au courant des techniques de polissage et perfectionna les lentilles jusqu'à atteindre des grossissements de vingt à trente fois. Le plus grand avait un objectif de 5 cm de diamètre, mais ici aussi la piètre qualité optique obligeait à diminuer l'ouverture en masquant une grande partie de l'objectif.

Galilée donne un schéma très simplifié de son télescope dans le *Sidereus Nuncius*. On peut supposer qu'il tente de préserver ses secrets de fabrication et son explication, volontairement très succincte, n'en est pas vraiment une : elle revient à dire que les rayons sont réfractés de telle sorte que l'objet FG est remplacé pour l'observateur par sa portion HI. Galilée réserve la théorie complète pour une occasion ultérieure – occasion qui ne vint jamais.

On a tout naturellement tourné ces appareils vers le ciel. L'anglais Thomas Harriot (c. 1560–1621), mathématicien et astronome aussi renommé que fortuné, est l'un des premiers, sinon le premier. Il n'a dû guère avoir de difficulté à se procurer un « dutch



Le schéma du télescope donné par Galilée dans le *Sidereus Nuncius*; en haut version manuscrite, en bas version imprimée. (G. Strano, in *From Earth-Bound to Satellite*, ed. A.D. Morrison-Low et al.)

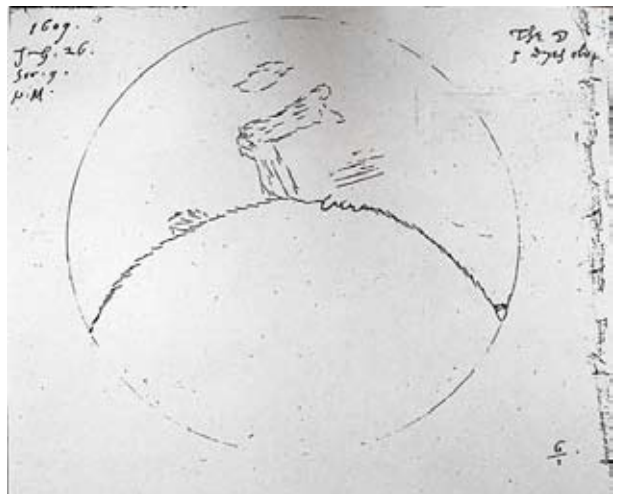
un exemplaire et réalisa rapidement trois paires de jumelles qu'il vendit au gouvernement hollandais pour un usage militaire.

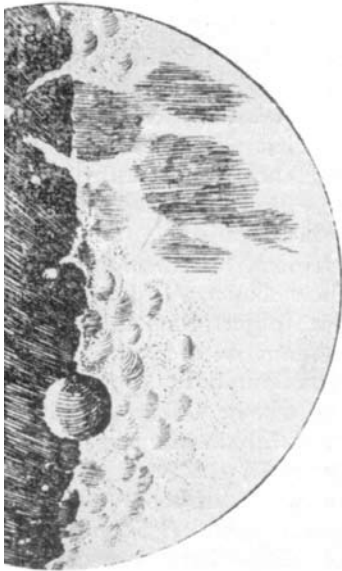
Le savoir-faire nécessaire pour réaliser des jumelles est considérable. Non seulement les lentilles doivent être de grande qualité et identiques, mais l'alignement géométrique des axes doit être rigoureux. Aucun des autres prétendants n'a pu présenter d'instruments de qualité comparable.

Les télescopes se répandirent rapidement. Quelques mois après la découverte de Lipperhey, on pouvait en acheter à Paris ou Milan.

Ce n'est qu'en mai 1609 que Galilée eut vent de cette invention. N'ayant pu en acheter il en réalisa lui-même plusieurs exemplaires avec l'espoir d'en tirer profit auprès du doge de Venise et de la marine. En même temps il tenta d'empêcher que des vendeurs de télescopes puissent

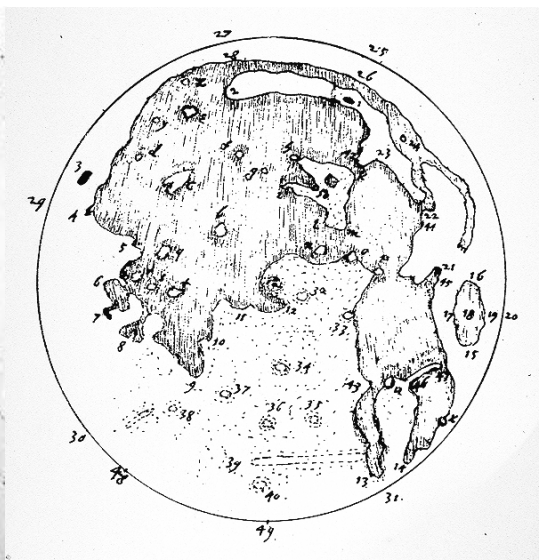
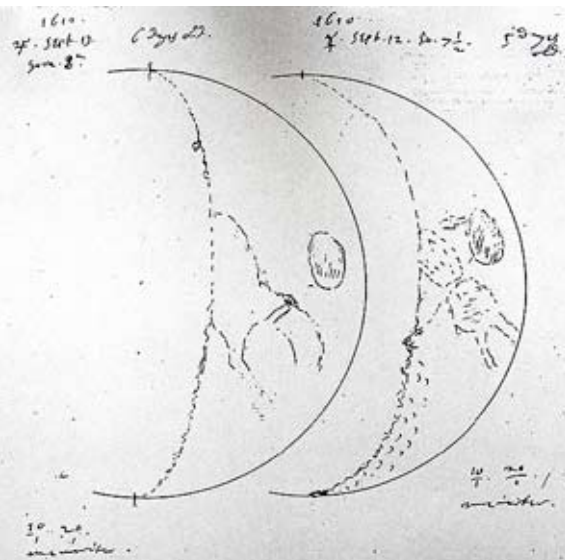
Premier dessin télescopique connu de la Lune. Il fut réalisé par Thomas Harriot le 5 août 1609. (*The Galileo project*)





Dessin de la Lune réalisé par Galilée en 1610 et publié dans le Sidereus Nuncius. À droite une photo de la même phase. Les ombres représentées par Galilée confèrent une impression de relief que n'ont pas les dessins de Harriot. (wikipedia)

Ci-dessous, à gauche un dessin de la Lune par T. Harriot montrant le déplacement du terminateur. À droite la première carte de notre satellite, dressée par T. Harriot. On y voit la Mer des Crises (18), Copernic (b) et Kepler (c). (The Galileo Project)

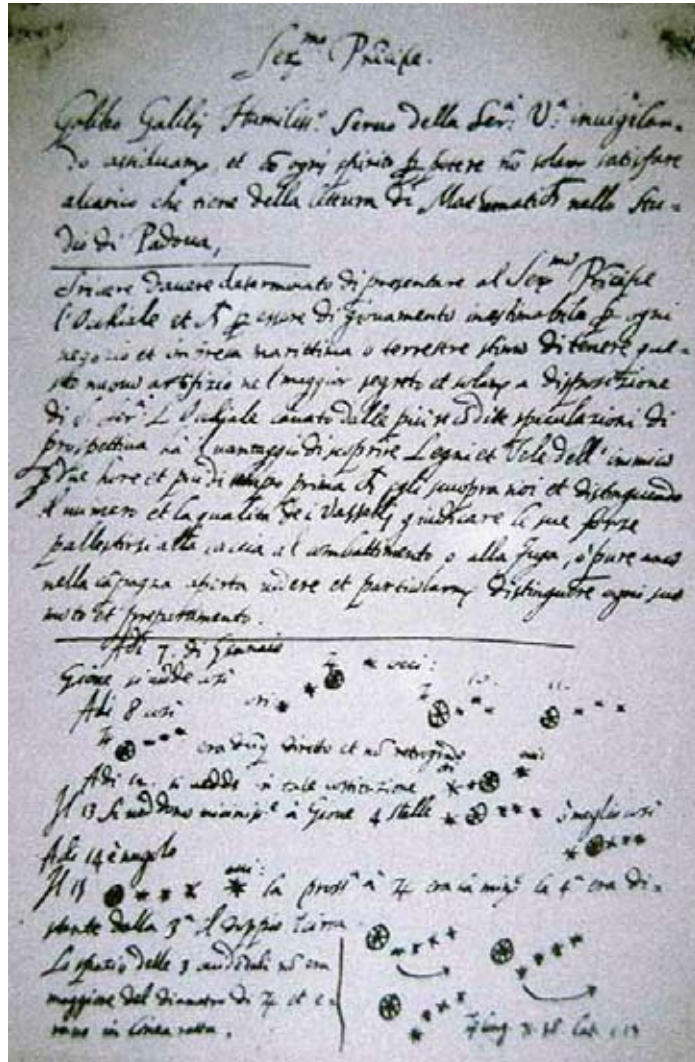


truncke » et en améliorer la qualité. Harriot peut revendiquer dès juillet 1609 le premier dessin de la Lune réalisé derrière un oculaire. Il continue d'observer la Lune au télescope et en discute avec son ami Sir William Lower qui, lui aussi, observe assidûment notre satellite avec un truncke ou « cylinder ». Une année se passe cependant avant que Harriot ne produise d'autres dessins que, comme le premier, il ne publie pas. Entre-temps Galilée, lui, publie son *Sidereus Nuncius* avec des observations lunaires. Il est probable que c'est sa situation financière confortable qui a permis à Harriot de ne pas ressentir le besoin de publier ses observations. Des raisons plus immédiates lui conseillaient de garder un profil bas suite au « gunpowder plot », une tentative d'assassinat du roi James I d'Angleterre qui avait valu quelques déboires à ses protecteurs. Lui-même a d'ailleurs brièvement connu la prison et sa maison fut pillée.

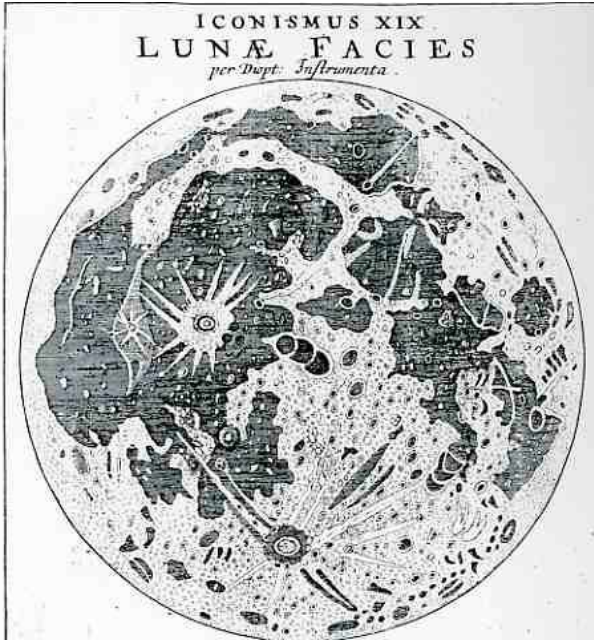
On peut attribuer à Harriot les premières observations télescopiques des taches solaires. À partir de décembre 1610 on trouve dans ses manuscrits plus de deux-cents observations de taches solaires s'étalant sur une année. Galilée, quant à lui, ne

parle pas des taches solaires avant 1612–1613, même si dans son *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*, en 1632, il prétend les avoir vues dès l'été 1610.

La légende de Galilée rendu aveugle à force d'observer le Soleil a beaucoup marqué les esprits. Elle a le mérite d'aider les astronomes à prévenir le public des dangers de l'ob-



Brouillon d'une lettre envoyée en août 1609 par Galilée au Doge de Venise et dans laquelle il vante les possibilités militaires de son télescope. Plus intéressante est la partie inférieure de la feuille qui a servi à noter des observations des satellites de Jupiter en janvier 1610. (wikipedia)



« *Lunae Facies per Dioptr. Instrumenta* » publiée par Kepler dans *Dioptrice* en 1611.

Kepler (1571–1630) eut connaissance des découvertes de Galilée et en fit l'éloge dans une lettre publiée dans *Dissertatio cum Nuncio Sidereo*. Il acquit un télescope et publia ses observations personnelles des satellites de Jupiter, devenant ainsi un puissant appui du savant toscan. Dans l'ouvrage *Dioptrice* publié en 1611 il ébauche une véritable théorie des lentilles, aborde le concept d'images réelle et virtuelle, explique le fonctionnement du télescope de Galilée et propose une nouvelle

observation du Soleil, mais ce n'est qu'une fable. Galilée a perdu la vue bien plus tard et pas à cause du Soleil. Galilée et ses contemporains n'étaient pas fous, ils observaient le Soleil par réflexion. Harriot, quant à lui, profitait pleinement du climat de l'Angleterre et pouvait se contenter du filtre de la brume en l'observant le soir ou le matin.

L'une des grandes découvertes permises par le télescope a été celle des satellites de Jupiter qui révélait un monde en miniature et renforçait les idées coperniciennes. Ici, Galilée est indéniablement le précurseur, les ayant observés en janvier 1610. Harriot ne les vit qu'en décembre.

Le *Sidereus Nuncius* a été largement diffusé et a montré les possibilités qu'ouvrait l'observation du ciel avec des instruments grossissants. La demande de télescopes consécutive à cette publication a été grande mais les défauts n'étaient pas négligeables. Ainsi le champ du télescope de Galilée est réduit et réaliser une carte de la Lune demandait un travail assidu.

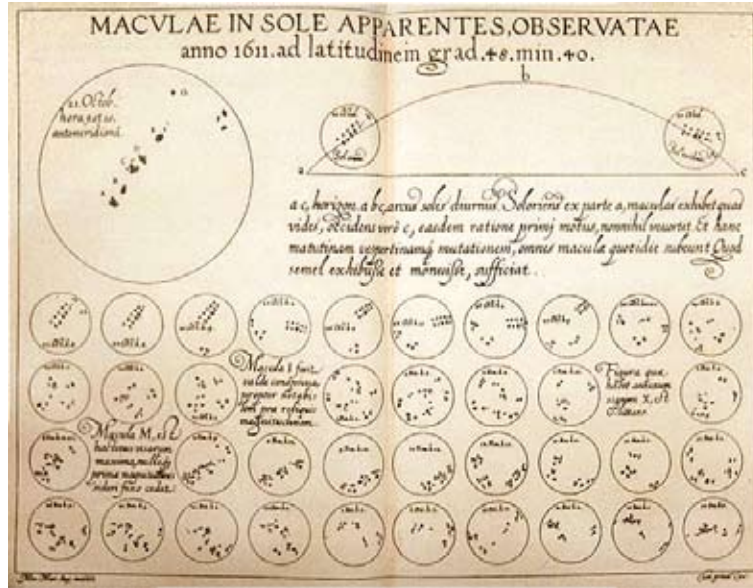
Johannes Kepler en 1610



combinaison optique : l'oculaire, au lieu d'être concave, devient convexe et est placé derrière le foyer primaire. Il sert tout simplement de loupe pour examiner l'image apparaissant au foyer. Kepler avait inventé le télescope déjà découvert par Lipperhey.

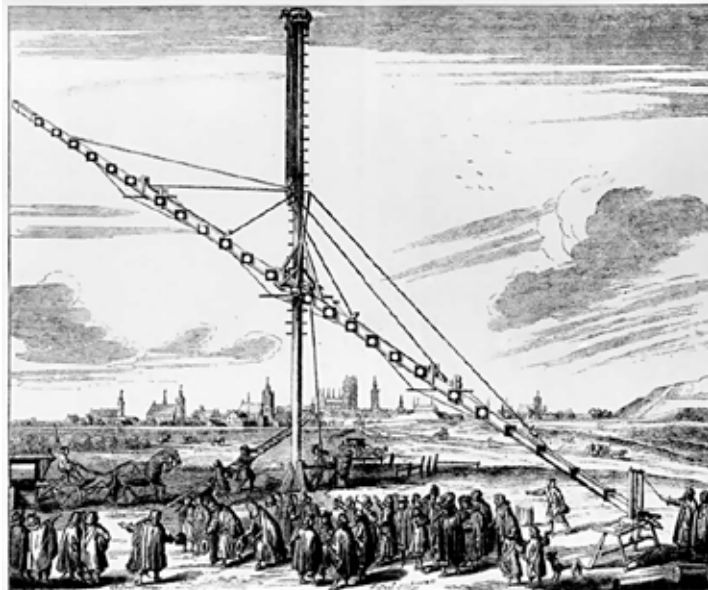
L'inconvénient du télescope de Kepler est que l'image est retournée, ce qui est gênant pour l'observation terrestre, mais ce type de télescope permet un plus fort grossissement ainsi qu'un plus grand champ de vision.

La supériorité de l'arrangement du télescope de Kepler est évidente lorsque l'on compare ses dessins de la Lune réalisés en 1610 avec ceux de Galilée et de Harriot. Les progrès réalisés en quelques mois sont remarquables, mais il fallut longtemps avant que l'on en reconnaisse les avantages du télescope de Kepler, celui de Galilée restant l'agencement préféré des observateurs. Le prêtre jésuite Christopher Scheiner (1573 – 1650) qui observait les taches solaires dès 1611 avait cependant adopté le télescope de Kepler. Il avait même ajouté une troisième lentille, un redresseur d'image, pour permettre à l'archiduc Maximilien III d'observer ses terres sans faire d'acrobaties. Galilée ne s'est pas gêné pour plagier les découvertes de Scheiner, tout en accusant ce brave jésuite



Observations de taches solaires par Scheiner en 1611 dans Tres Epistolae

Johannes Hevelius présente ce télescope de 140 pieds dans Machina Coelestis (1673).



de plagiât, une attitude qu'il regretta peut-être lors de son procès en 1633.

L'utilisation d'un oculaire convexe permet de placer un objet au foyer commun des deux lentilles, écran, croix de fils d'araignée... Cette constatation est à l'origine du micromètre, inventé par l'astronome anglais William Gascoigne dans les années 1630 et qui s'est révélé ensuite d'une importance considérable dans les mesures astrométriques.

Les progrès des techniques de polissage permirent de réaliser des lentilles de meilleure qualité utilisables à pleine ouverture, lentilles qui n'étaient plus des verres de lunettes.

Pendant les lentilles simples utilisées à l'époque entraînaient des aberrations considérables en raison de la dispersion des couleurs (aberration chromatique) et des formes sphériques des lentilles (aberration de sphéricité). La seule parade était d'utiliser de petites ouvertures relatives c'est-à-dire longues focales et/ou petites lentilles. Cela conduisit assez vite à des dimensions considérables rendant les instruments difficilement manipulables, comme le télescope de 140 pieds de Johannes Hevelius.

Les télescopes à miroir (catadioptriques) permettent de se libérer de l'aberration chromatique, mais on ne le savait pas encore.

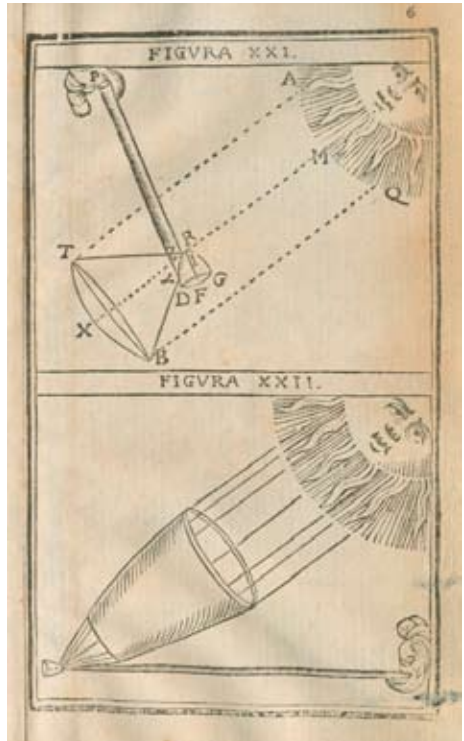
Contrairement à ce que l'on peut imaginer, les premières idées de télescopes utilisant des miroirs plutôt que des lentilles ne sont pas dues à Newton. Elles sont même nettement antérieures.

Mettons de côté l'allégation du jésuite Niccolò Zucchi (1586–1670) selon laquelle il aurait expérimenté le concept dès 1616 avec un miroir concave de bronze et une lentille concave. Il aurait abandonné l'idée faute d'obtenir une image satisfaisante et à cause de la gêne provoquée par l'interposition de l'observateur dans le chemin de la lumière. Le fait que Zucchi n'ait relaté cette expérience qu'en 1652 rend cette idée suspecte.

Dans les années 1620, Galilée et son ami Giovanni Francesco Sagredo (1571–1620) discutent eux aussi de la possibilité d'utiliser un miroir comme objectif mais, rapidement, l'intérêt se porte sur des concepts moins

simples. Dans les années 1630, deux illustres savants, l'italien Bonaventura Cavalieri (1598–1647) et le français Marin Mersenne (1588–1648) proposèrent des combinaisons impliquant un miroir primaire concave et un secondaire convexe renvoyant la lumière.

Dans *Lo Specchio Ustorio, overo, Trattato delle settioni coniche*, Cavalieri étudie les sections coniques et les systèmes optiques pouvant résulter de combinaisons de miroirs



Bonaventura Cavalieri montre l'intérêt des miroirs de section conique comme miroirs ardents et aussi pour des télescopes dans *Lo specchio ustorio, overo, Trattato delle settioni coniche* : et alcuni loro mirabili effetti intorno al lume, caldo, freddo, suono, e moto ancora (1632). Le schéma du bas rappelle furieusement les miroirs à incidence rasante utilisés pour les télescopes travaillant dans le domaine des rayons X.

ayant de telles formes. Ce travail n'était que théorique, les techniques de l'époque ne permettant pas la réalisation de ces miroirs.

Les travaux de Mersenne (célèbre pour les nombres premiers de type $2^p - 1$ portant son nom) restèrent également lettres mortes (*L'Harmonie Universelle*, 1637), et il semble que ce sont les critiques reçues qui l'ont découragé de réaliser un télescope, en particuliers celles de Descartes.

Mersenne proposa aussi d'autres innovations optiques, dont l'élimination de l'aberration de sphéricité en utilisant des miroirs non sphériques.

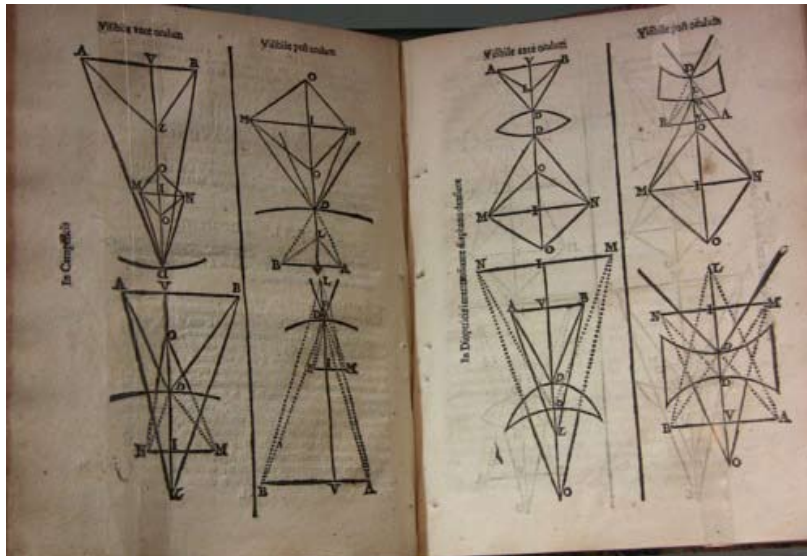
L'histoire a cependant retenu le nom de James Gregory (1638–1675), un mathématicien écossais, pour désigner une des combinaisons évoquées plus haut. Dans *Optica Promota*, Gregory décrit en 1663 un télescope composé d'un miroir principal concave renvoyant le faisceau lumineux vers un miroir secondaire également concave. La lumière sort par un trou percé au centre du miroir principal. On peut ainsi observer avec un oculaire, derrière le miroir principal, comme avec la lunette de Galilée. Gregory n'a pas construit de télescope mais la faisabilité du projet a été grossièrement validée par un atelier d'optique. Il fallut attendre une dizaine d'années pour voir le premier réalisé par Robert Hooke (1635–1703 ; le Hooke de la loi de l'élasticité et de bien d'autres découvertes), cinq ans après le télescope de Newton.

Dans un télescope grégorien, le primaire est para-

bolique et le secondaire ellipsoïdal et concave. Le foyer est en deçà du secondaire. L'image formée est réelle ce qui permet d'y placer un diaphragme, un avantage lorsque l'on veut réduire au minimum les diffusions parasites. L'image finale est droite, ce qui est surtout intéressant pour l'observation terrestre. Le fait d'avoir un secondaire concave est une aubaine pour les opticiens, les tests de qualité étant plus simples à effectuer lorsque le foyer du miroir est accessible.

Des télescopes modernes utilisent la combinaison Gregory, par exemple les télescopes Magellan et le LBT (Large Binocular telescope). Des radiotélescopes géants, comme ceux d'Arecibo et de Green Bank y font également appel.

Si les principes des inventeurs mentionnaient des miroirs asphériques afin de réduire l'aberration sphérique, les techniques de l'époque ne permettaient pas de les réaliser, et encore moins de les tester. Le premier miroir réellement – intentionnellement – parabolique ne vint qu'en 1721. Il fut l'oeuvre de John Hadley (1682–1744) qui mit au point par la même occasion une méthode de vérification optique.





Télescope grégorien datant de 1735 environ et exposé au Harvard Science Center (wikipedia)

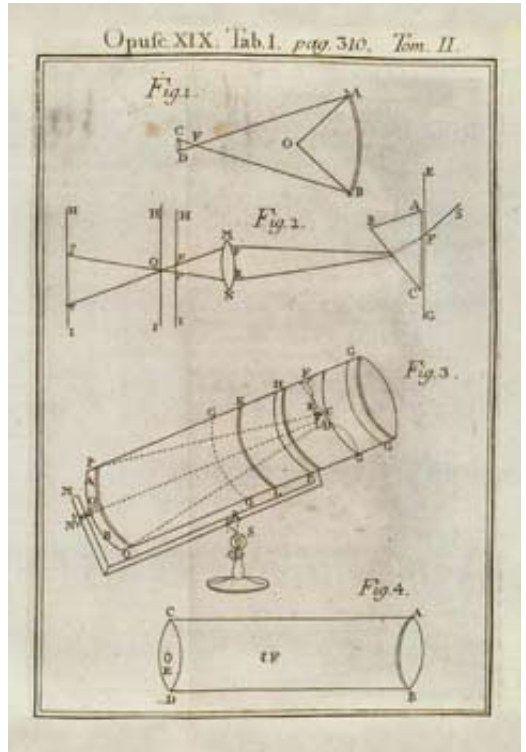
concaves comme dans le télescope de Gregory, Newton inventa la combinaison archi-célèbre où le secondaire est plan et incliné à 45 degrés sur l'axe principal. On peut ainsi observer l'image sur le côté du télescope au lieu de devoir se placer derrière le miroir primaire. En 1668 il construisit un premier télescope ayant un miroir principal sphérique

Isaac Newton (1642–1727) avait montré en 1666 que la lumière est faite de couleurs différentes ayant des propriétés de réfraction différentes et il pensait que cela constituait un vice rédhibitoire des lentilles. Selon lui tous les verres dispersaient de la même façon la lumière et tenter de réduire ou supprimer l'aberration chromatique par des combinaisons astucieuses de lentilles de natures différentes aurait été impossible. Ce n'est qu'en 1733 qu'apparut le premier objectif achromatique, fabriqué par Chester More Hall (1703–1771).

Newton considérait donc que seuls les miroirs permettaient de vaincre l'aberration chromatique et il s'était attaqué au principe des télescopes catadioptriques, mais en le simplifiant au maximum.

Pour éviter de devoir percer le miroir principal et de devoir réaliser deux miroirs

Description du télescope par Newton dans le tome 2 de la compilation Isaaci Newtoni Opuscula mathematica, philosophica et philologica publiée en 1744 par Giovanni Francesco Salvemini



d'un diamètre de 3 cm, une focale de 16 cm et un grossissement de 35, qui lui permit de voir les phases de Vénus et les satellites de Jupiter. Un second télescope, plus puissant, fut présenté à la Société Royale de Londres en 1671.

Malgré les avantages des diverses combinaisons optiques, il a fallu encore un demi-siècle avant que les télescopes à miroir ne soient utilisés. Newton lui-même utilisait un réfracteur pour observer le ciel.

Le principe du télescope de Newton a été largement utilisé tant par les amateurs que par les professionnels, avec comme amélioration essentielle l'utilisation d'un primaire parabolique. Il est très présent chez les amateurs avec comme dernier avatar le télescope Dobson, un Newton monté en alt-azimuth

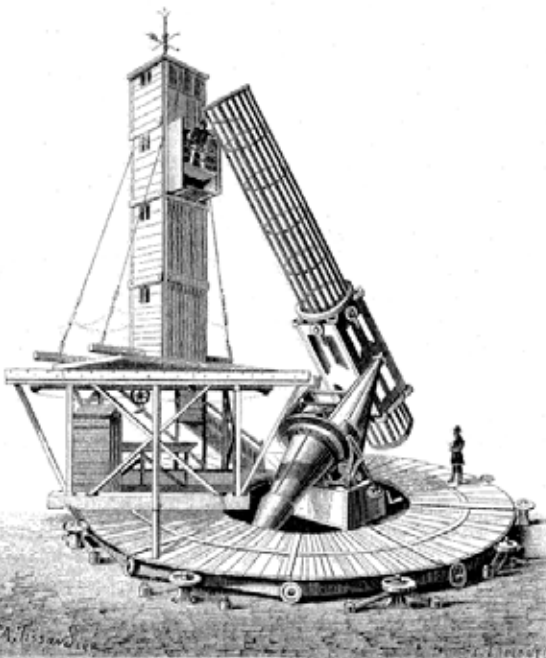


Réplique du deuxième télescope construit par Isaac Newton en 1672. (wikipedia)

qui conjugue puissance, légèreté, facilité d'utilisation et faible coût.

Il n'y a pas vraiment de télescope de Newton de très grand diamètre, l'accès au foyer latéral devenant problématique. Parmi ceux encore en activité citons le télescope Hooker de 2 m 50 du Mont Wilson en Californie et celui d'1 m 20 de l'observatoire de Haute-Provence. Celui-ci, construit en 1877, est l'un des premiers télescopes ayant un miroir en verre. Jusqu'au milieu du 19^e s les miroirs étaient généralement métalliques, fabriqués en un alliage de cuivre et d'étain. En 1853, le chimiste Julius von Liebig (1803–1873) mit au point une

L'accès au foyer d'un grand télescope n'est pas chose aisée comme le montre cette gravure représentant le télescope de Lassell, dans l'île de Malte, en 1873. Avec un diamètre de 122 cm, c'est l'un des derniers grands télescopes avec miroir métallique. (wikipedia)



Le grand télescope de Lassel, dans l'île de Malte.

technique pour déposer une couche métallique mince sur un miroir de verre. L'argenture fut rapidement adoptée par les astronomes, le verre étant plus léger et plus stable thermiquement que le métal.

Le fameux *Léviathan de Parsonstown* (Birr Castle, Irlande), avec 1 m 83 de diamètre, fut le plus grand et l'un des derniers télescopes à miroir de métal (cf F. Michel, *Le Ciel*, novembre 2002, 272–276). Pour de plus grandes dimensions, il n'est guère pratique de renvoyer la lumière sur le côté. Le foyer primaire peut même être utilisé directement, avec les instruments – et l'astronome éventuel – suspendus dans une cage, ce qui élimine la nécessité d'un miroir secondaire.

La combinaison optique concurrente du télescope Newton, le télescope Cassegrain, vit le jour pratiquement en même temps que le Gregory et le Newton, en 1672. On en trouve

le principe dans le «*Journal des sçavans*» («*Recueil des Mémoires et Conférences sur les Arts et les Sciences, Présentées à Monseigneur le Dauphin Pendant l'année m.dc.lxxii. Par Jean Baptiste Denis Conseiller, & Medecin Ordinaire du Roy*»). On l'attribue généralement à un certain Laurent Cassegrain (c. 1629–1693), professeur de physique au collège de Chartres. Semblable à première vue à celui du télescope de Gregory avec deux miroirs se faisant face et formant une image derrière le primaire, il en diffère essentiellement par le fait que le secondaire est convexe, hyperbolique, et situé en-deçà du foyer primaire, ce qui réduit la longueur du télescope. Le foyer primaire est donc inaccessible. L'image finale est renversée et le télescope ne peut servir pour l'observation terrestre qu'avec un redresseur. Comme le télescope de Gregory, le Cassegrain eut peu de succès au 17^es par suite

de la difficulté de sa réalisation.

Les objections présentées par les admirateurs de Newton contre l'invention d'un obscur français ne stimulèrent pas sa diffusion. Voici ce qu'en dit Christiaan Huyghens (1629–1695) dans une lettre de 1672 adressée au directeur du *Journal des sçavans*:

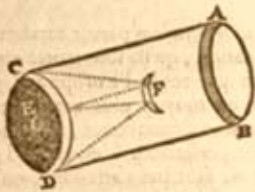
«*Depuis que M. Newton a inventé son nouveau Telescope, dont nous avons parlé dans le Journal du 29 de Fevrier dernier, on en a publié un autre que l'on pretend estre beaucoup plus commode & plus ingenieux. Comme celui de M. Newton passe pour une invention tres-belle, plusieurs personnes ayant entendu dire que cette derniere Lunette estoit encore plus parfaite, ont crû qu'il falloit que ce fust quelque chose de*

Schéma du montage Cassegrain paru dans le Journal des sçavants d'avril 1672, sous la plume de M. de Bercé, alias Claude Estienne. (A. Baranne et F. Launay 1997, J. Opt., 28 158)

se trouvent ordinairement dans vos Conférences, afin d'en faire travailler ensuite sur ces principes.

La Lunette de M. Newton m'a autant surpris, que la même personne qui a trouvé les proportions des trompettes, que je vous envoie ; car il y avoit environ trois mois qu'elle m'avoit communiqué la figure d'un Telescope, qui étoit presque semblable, & qu'elle avoit inventée ; mais que je trouve plus spirituel. Je vous en fais ici la description en peu de mots.

A. B. C. D. est un fort tuyau, dans le fonds duquel il y a un grand miroir concave C. D. percé en son milieu E.



F. est un Miroir convexe disposé de telle manière, eu égard à sa convexité, qu'il réfléchit les especes, qu'il reçoit du grand Miroir, vers le trou E, où il y a un oculaire au travers lequel on regarde.

L'avantage que je trouve en cet instrument sur celui de M. Newton, est premièrement que l'embouchure, ou l'ouverture A. B. du tuyau, peut être de telle grandeur qu'on voudra, & par conséquent que l'on aura bien plus de rayons sur le Miroir concave, que sur celui dont vous nous avez donné la Description. 2. (1) La réflexion des rayons sera très-naturelle, puisqu'elle se fera sur l'axe même, & conséquemment plus vive. En-

tres-excellent, & ont témoigné un grand desir de sçavoir au vray ce qui en est: C'est pourquoy il est à propos de l'examiner icy, & de faire voir ce que l'on en doit attendre.

[...].

On pretend que cette Lunette de M. Cassegrain a trois avantages par dessus celle de M. Newton.

[...]

Si l'on avoit fait l'essay de cette Lunette, ont auroit vû combien tout cela est éloigné de la vérité. »

Remarquons l'usage par Huyghens du terme de lunette pour désigner le Cassegrain et de télescope pour le Newton tandis M. de Bercé, dans la lettre au **Journal des sçavants** (cf fig. page précédente) fait exactement l'inverse. Les deux mots étaient-ils interchangeable, ou faut-il voir un sens péjoratif à lunette ?

Toujours est-il que la simplicité des systèmes dioptrique de Kepler et catadioptrique de Newton fit qu'ils restèrent la norme pendant des siècles.

Le développement des télescopes a donc connu deux phases brèves et intenses, vers 1610 pour les réfracteurs et vers 1670 pour les réflecteurs. Ensuite ce ne fut qu'une question de perfectionnements, certes considérables, mais les grands principes avaient été établis. Ainsi, Flammarion dans *La Nature* (1873) relate les discussions qu'il y eut au milieu du 19^e siècle pour construire un grand télescope à l'observatoire de Melbourne et s'étonne de voir

abandonné le système le plus courant de l'époque, qui était encore le simple Newton et non le Cassegrain ou le Gregory, deux siècles après leur invention.

« En étudiant les projets d'élaboration du nouvel instrument, M. Grubb et les membres de la commission arrivèrent à laisser de côté



Le télescope de 120 cm installé à l'observatoire de Paris en 1878. Après quelques avatars du miroir et de la monture, le télescope fut transféré à l'observatoire de Haute-Provence en 1941 où il est encore en activité..

les systèmes en usage, qui ont donné cependant d'excellents résultats à l'astronomie sidérale, les télescopes newtoniens, dont ceux d'Herschel, de lord Rosse, de Foucault, de Lassell ne sont que des reproductions variées, et revinrent à une ancienne forme, qui n'était presque plus employée, celle de Gregory ou de Cassegrain.

[...]

Ses inconvénients sont surtout d'avoir moins de lumière, — la double réflexion éteint un plus grand nombre de rayon lumineux que dans la position newtonienne, — et d'avoir une seconde image trop grande, car elle est amplifiée cinq à six fois par le petit miroir. De plus, en construisant le miroir en métal au lieu de le construire en verre, comme nous le faisons en France, on lui donne un poids considérable (celui-ci pèse 1,590 kilog.) et, les variations de température aidant, il est susceptible de se déformer. Quoi qu'il en soit,

les avantages ont paru supérieurs aux inconvénients aux constructeurs du télescope, puisqu'ils se sont décidés pour le système Cassegrain. »

Un siècle et demi après Flammarion, les optiques connurent beaucoup de raffinements qui ont été apportés pour combattre les diverses aberrations, améliorer la transmission, accroître le champ. De nouvelles combinaisons catadioptriques ont été inventées, mais les lunettes de Galilée et de Kepler, et les télescopes de Newton, Gregory et Cassegrain restent encore parmi les instruments d'observation les plus répandus.

Contrairement au Newton, un télescope Cassegrain de taille relativement importante peut rester très pratique pour l'observation visuelle surtout s'il est muni d'une monture à fourche.

