



À la mesure du Ciel

Ce feuilleton est consacré à l'une des disciplines sans doute les plus méconnues sinon les plus austères de l'astronomie : l'astrométrie ou la mesure de la position des astres dans le ciel. Elle est aussi l'une des premières activités des astronomes de l'Antiquité. Elle est au fondement de l'astronomie. Sans elle et sans le gain en précision associé à cette branche, acquis au fil du temps jusqu'à nos jours, l'astronomie n'aurait pu se développer. Il était donc urgent de revenir aux racines de l'astronomie.

— par Pascal Descamps

DES LENTILLES ET DES HOMMES

Galilée ouvre grand les cieux

*En l'an de grâce seize cent neuf à Padoue
La clarté du savoir jaillit d'un pauvre bouge
Galileo Galilei calcula tout :
Ce n'est pas le soleil, mais la terre qui bouge.*

La Vie de Galilée, Bertolt Brecht

UNIVERSITÉ DE PADOUE, juillet 1609, un professeur de mathématiques et d'astronomie, déjà dans la force de l'âge, s'applique à comprendre le parti qu'il pourrait tirer d'une lunette d'approche inventée en Hollande que la rumeur lui a rapportée. Le vieux savant, pas vraiment en odeur de sainteté parmi ses collègues en raison de ses convictions anti-aristotéliennes, cherche un moyen de prouver la vérité copernicienne du système du monde. Si un tel objet était tourné vers les cieux, que pourrait-on y voir qui se dérobe jusqu'à présent à nos yeux ? Le professeur Galilée (1564-1642) se construit sa propre lunette sur les indications qu'il a pu glaner. Rien de bien compliqué, un tube en carton aux extrémités duquel il y fixe deux lentilles de verre, l'une convexe tournée vers l'objet – l'objectif –, l'autre concave par laquelle l'œil regarde comme dans un trou de serrure – l'oculaire.

Ce petit trou de serrure va lui ouvrir la porte des cieux. La Lune n'est pas cette sphère lisse, Vénus présente des phases tout comme la Lune et Jupiter possède quatre petits satellites... C'est la stupeur.

En quelques semaines, au début de l'année 1610, le vieux professeur écrit le *Sidereus Nuncius* – le *Messenger des étoiles* ou le *Message des étoiles*, on ne sait pas vraiment... L'opus se répand à travers l'Europe, suscitant doute et hostilité, mais aussi curiosité et intérêt, tout particulièrement auprès du mathématicien de l'empereur Rodolphe II à Prague, Johannes Kepler (1571-1630). En quinze jours, Kepler écrit à son tour sa *Discussion avec le messenger céleste*, pour y exprimer tout son enthousiasme.

Un mathématicien qui écrit un ouvrage entier pour apporter son soutien à un autre mathématicien, qui plus est dans un contexte ambiant peu favorable, ce n'est pas très courant. Ayant réussi à se procurer une lunette galiléenne, Kepler, entre août et septembre 1610, se consacre nuit et jour à établir les principes de la lunette astronomique. Il compose un ouvrage exposant les lois fondamentales gouvernant le passage de la lumière au travers d'une lentille et d'un système de lentilles, c'est sa *Dioptrique* (*Dioptrice*, 1611), mot qu'il invente à cette occasion et qu'il introduit dans l'optique. Il commence bien évidemment avec la loi de la réfraction, exprimée sous une forme approchée, mais toutefois vraie pour les petits angles : il s'agit de la proportionnalité entre l'angle de réfraction et l'angle d'incidence. La loi prendra sa forme générale et définitive un peu plus tard avec Descartes (loi dite *des sinus* de Snell-Descartes, *La Dioptrique*, 1637). À la différence de Galilée, Kepler traite le cas d'un système optique composé de deux lentilles convergentes convexes. Les idées communes de nos jours, que l'on trouve dans les manuels scolaires, sont alors définies, ce sont les no-

tions d'images réelles et virtuelles, d'images droites et inversées, la distance de l'image et de l'objet, l'agrandissement ou la réduction de l'image. Il démontre en particulier qu'un système optique composé de deux lentilles convexes produit des images agrandies d'un objet, mais inversées, ce qui est le principe même de tout instrument astronomique.

L'araignée de Gascoigne

TRENTE ANNÉES SE SONT ÉCOULÉES depuis les découvertes galiléennes accompagnées de l'établissement des principes fondamentaux de l'optique géométrique de la lunette astronomique par Kepler. Dans l'intervalle, le nouvel objet à disposition des astronomes, intermédiaire entre l'œil et les mondes célestes, est d'abord un prolongement de l'œil pour mieux voir, pas encore un nouveau moyen de mesure. Les cosmologies alternatives de Ptolémée et Copernic sont également toujours hautement débattues quant aux ellipses de Kepler, que peu connaissent, un tout petit nombre d'astronomes cependant se sont risqués à les étudier et à les utiliser.

Du côté français, le père minime Marin Mersenne (1588-1648), le philosophe et mathématicien français Pierre Gassendi (1592-1655) et l'astronome Ismaël Boulliau (1606-1694). Figures de la République des Lettres, tous ont adopté les idées coperniciennes et certaines des idées de Kepler, en particulier la figure de l'ellipse. Du côté anglais, deux amis isolés dans leur Lancashire rural loin de Londres, William Crabtree (1610-1644) et Jeremiah Horrocks (1619-1641), et William Gascoigne (1612-1644), dans le Yorkshire, avec lequel Crabtree a correspondu durant un temps. Le passage de Vénus devant le Soleil de 1639 les avait réunis, Horrocks l'ayant prédit le premier grâce aux ellipses képlériennes. De grandes réalisations, tant théoriques qu'instrumentales, leur étaient promises si la mort ne les avait pas prématurément fauchés.

Le jeune Gascoigne était tout particulièrement versé dans les choses de l'optique expérimentale. Il vit au temps où la loi de la réfraction vient d'être découverte par Snell et Descartes, il lit les travaux de Kepler et de Descartes (*La Dioptrique* et *De l'arc-en-ciel*). À l'automne 1640, il se lance dans ses premières expérimentations sur les lentilles, et en particulier, cherche à vérifier cette loi de la réfraction, éclatante de simplicité à travers son expression à l'aide d'une fonction trigonométrique, le sinus d'un angle.

Il commence avec la lunette galiléenne et cherche notamment à déterminer la relation entre la taille de l'image projetée du Soleil et l'angle soutendu par le disque solaire dans le ciel. Cette méthode d'observation du Soleil n'était pas nouvelle, le prêtre jésuite Christoph Scheiner (1575-1650) l'avait imaginée en 1611 pour observer les taches solaires (fig. 1) ; Jeremiah Horrocks en avait également fait usage en 1639 lors du passage de Vénus devant le Soleil. Elle permettait d'observer en toute sécurité, simplement en projetant sur un écran une image du Soleil. Cependant, la correspondance entre la mesure de la taille du disque projeté et la taille apparente du Soleil restait inconnue. Tout comme Scheiner, 30 ans plus tôt, Gascoigne s'interroge sur la nature des taches solaires : appartiennent-elles au Soleil lui-même, comme le pensait Galilée, ou sont-elles de petits satellites du Soleil, comme Scheiner le pensait ? Il opte pour la deuxième hypothèse et se met à correspondre sur ce sujet avec William Crabtree. Si celui-ci défend l'idée des taches solaires, il se montre particulièrement intéressé par le nouveau et mystérieux instrument dont l'a entretenu Gascoigne. Quel est donc cet instrument qui serait capable de réaliser des mesures directes du diamètre apparent des astres selon les dires de Gascoigne ?

Il lui rend une visite impromptue le 30 octobre 1640, y reste quelques jours, ne comprend pas grand-chose à toutes les explications très techniques de Gascoigne, mais en repart ébloui, se fen-

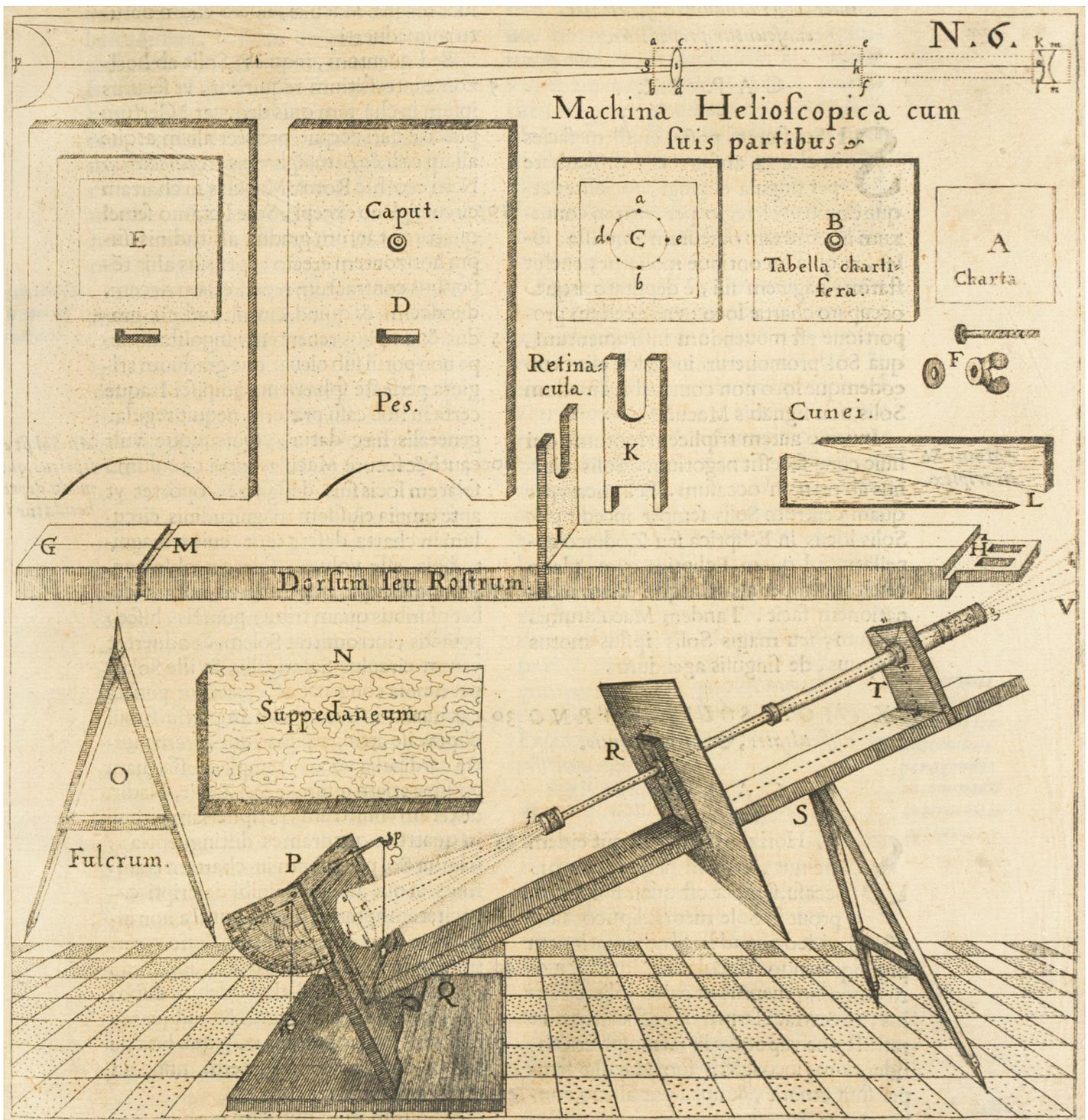


Fig. 1 - Machine hélioscopique ou hélioscope de Christoph Scheiner pour l'observation du Soleil par projection sur un écran.

Tiré de C. Scheiner, *Rosa Ursina*, 1626.

Domaine public

dant d'une lettre dithyrambique quelque temps plus tard dans laquelle, en substance, il écrit : « Vous m'avez dit (si je me souviens bien) que vous ne doutiez pas d'être en mesure de faire des observations à la seconde près. Je ne peux que l'admirer et, d'après ce que j'ai vu, le croire. »

La curiosité pousse ensuite Gascoigne à se pencher sur la lunette képlérienne, et c'est alors qu'une araignée lui sourit. Ladite araignée a la très heureuse idée d'entreprendre sa toile en tissant un fil précisément dans le plan focal objet et image de sa lunette képlérienne qu'il s'était confectionné à l'aide de

deux lentilles convexes. Gascoigne n'en revient pas, son bonheur est ineffable, il est tout à la fois en mesure de voir aussi nettement un objet céleste lointain que le fil tendu par l'araignée. Il découvre que tout objet placé au point focal de la lentille de l'objectif pouvait être agrandi et mis au point en même temps que l'image de l'objet éloigné observé. Cela ouvre des perspectives nouvelles pour le télescope, ainsi qu'il l'écrit lui-même le 2 décembre 1640 dans une lettre adressée à William Oughtred (1575-1660) :

C'est cet admirable secret qui, comme toutes les autres choses, est apparu quand il a plu au Tout-Puissant, sous la direction duquel une ligne d'araignée tracée dans un étui ouvert a pu me donner d'abord par sa parfaite apparition, alors que j'étais avec deux convexes en train de faire des expériences sur le soleil, la connaissance inattendue. [...]

Si je... plaçais un fil à l'endroit où ce verre [l'oculaire] le discernerait le mieux, et si je joignais ensuite les deux verres et ajustais leur distance pour n'importe quel objet, je le verrais à n'importe quel endroit où je le dirigerais vers [...]

Ce fait incroyable lui suggère immédiatement quantité d'idées : introduire un fil pour la visée télescopique, construire un accessoire de mesure dans le plan focal de façon à mesurer la taille de l'image des objets observés. Il s'en sert sur la Lune ; son intention : déduire, ou plutôt mesurer son excentricité en mesurant la variation du diamètre apparent de la Lune.

Après essai, j'ai constaté que l'image de la lune ici était en tout point comparable, pour l'apparition de son diamètre, à un objet de même rayon placé ici [au point focal commun].

Petit à petit, le système qu'il perfectionne jour après jour et qui prendra plus tard la désignation de *micromètre* prend forme avec ses viseurs mobiles, le tout

monté sur vis. Dès l'automne-hiver 1640, il mesure la taille apparente de Jupiter, de Mars et de Saturne avec une impressionnante précision. Il équipe son grand sextant de son appareillage et affirme alors être en mesure d'atteindre en précision la millième partie du degré, soit 3,6". Jusqu'à l'invention de Gascoigne, la mesure précise du diamètre solaire ou du diamètre lunaire était inaccessible.

Il s'attaque en premier lieu au rayon apparent du Soleil. Lors de la projection de l'image du Soleil, il utilise une lunette d'un mètre de long et projette une image 2,8 m en arrière pour former un disque de 300 mm de diamètre sur un écran. À la date du 31 octobre 1641, il mesure une taille de 16' 11". Les éphémérides modernes de l'IMCCE (Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides) donnent 16' 5,7". Pour le 2 décembre 1641, Gascoigne mesure 16' 24" (16' 13,8" selon les éphémérides de l'IMCCE). On ne peut qu'être frappé par le degré de précision des mesures de Gascoigne comprise entre 6" et 10". Les écarts résultent probablement aussi des limites des tables logarithmiques et trigonométriques existantes à l'époque. Il mesure ainsi un rayon apparent du disque solaire de 16' 25" au périhélie et de 15' 53" à l'aphélie, ce qui le convainc de la bissection de l'excentricité de l'orbite terrestre, plaidant ainsi en faveur de Kepler. En effet, à cette époque, l'astronome belge Philip Van Lansberge (1561-1632) avait publié des tables à partir de la théorie de Copernic contre les conceptions elliptiques de Kepler. Gascoigne informe immédiatement Crabtree de son résultat, il en perçoit toute l'importance cosmologique : « Lansberge et les observations diffèrent considérablement. » Selon Gascoigne, pas de doute, l'excentricité de l'orbite terrestre est deux fois plus petite. Pour le rayon solaire, il trouve comme valeur la plus grande 16' 25", alors que Lansberge trouve 17' 59". L'excentricité de l'orbite terrestre (ou de l'orbite solaire, selon le point de vue adopté) donnée par Lansberge était de 0,0345, là où Gascoigne trouve 0,0165, laquelle est la bonne valeur.

Horrocks se montre fort intéressé par les extraordinaires possibilités offertes par l'invention de Gascoigne. Il vient de développer une théorie du mouvement de la Lune s'appuyant sur les grandes lois de Kepler, et écrit dans une lettre datée du 12 décembre 1640 : « J'aimerais surtout avoir les observations de Gascoigne sur le diamètre de la Lune, afin de voir si elles concordent avec ma nouvelle théorie. » Ce à quoi Gascoigne répondra à Crabtree : « M. Horrox sa théorie de la Lune, je serai bientôt en mesure de l'essayer. » Horrocks ne recevra jamais la lettre ni ne disposera des mesures de Gascoigne, il décède le 3 janvier 1641.

William Gascoigne décédera à son tour quelques années plus tard, à l'âge de 32 ans, sur le champ de bataille de Marston Moor, le 2 juillet 1644, en se battant pour le roi d'Angleterre contre les forces du Parlement. Son corps nu sera jeté dans une fosse commune avec au moins 4 000 autres jeunes hommes. Néanmoins, d'ici là, ses mesures astronomiques auront suffi à lui assurer une ultime renommée. Le premier astronome royal de Greenwich, John Flamsteed (1646-1719), 80 ans plus tard, ouvre les premières pages de sa monumentale *Historiae Coelestis Britannicae* – publiée en 1725 – sous la forme d'une compilation de toutes les mesures réalisées par William Gascoigne. Flamsteed avait été fasciné par Gascoigne au point de mener toutes les investigations nécessaires pour rassembler toute sa correspondance disséminée ici et là en Angleterre, Gascoigne n'ayant jamais rien publié.

Une invention qui n'en est pas une

L E 28 DÉCEMBRE 1666, un Français, Adrien Auzout (1622-1691), écrit à Henry Oldenburg (1619-1677), premier secrétaire de la Royal Society et édi-

teur des *Philosophical Transactions*, sur la manière exacte de prendre les diamètres de planètes, et de connaître la parallaxe de la Lune. Auzout avait quitté Rouen pour s'installer à Paris en 1647 et rejoindre le cercle de Mersenne, appelé *académie de Montmort*. Le droit et les finances auxquels le prédestinait son père n'étaient pas pour lui, mais il en allait tout autrement du monde des mathématiques et de la physique. Il annonce la mise au point d'un nouvel instrument qu'il a utilisé pour mesurer le diamètre du Soleil, de la Lune et des planètes. Il s'agit d'un micromètre télescopique qui permet de mesurer le diamètre à une seconde de degré près de tout objet du champ compris entre deux pointeurs mobiles. Le 19 janvier 1667, devant la Royal Society, la lecture de la communication déchaîne les passions, Robert Hooke (1635-1703) et Christopher Wren (1632-1723) s'emparent, déclarant qu'une telle invention a déjà été faite, il leur est demandé d'en apporter la preuve.

L'écho de cette découverte et de la controverse qui a suivi quitte Londres pour parvenir dans le Lancashire et y rencontrer un certain Richard Towneley (1629-1707) qui avait connu Gascoigne. Il est même en possession de trois instruments construits de la main de Gascoigne. Le 25 mars 1667, Richard Towneley écrit une lettre à William Croone (1633-1684), membre de la Royal Society, sur la précéden- ce de la découverte qui appartient à William Gascoigne. Un extrait de la lettre est lu le 15 avril devant la vénérable assemblée :

J'ai entre les mains le premier instrument fait véritablement par lui, et aussi deux autres qu'il avait perfectionnés, et qu'il aurait sans doute profondément modifiés, s'il n'avait pas été malheureusement tué au service de notre feu Roi.

Une présentation d'un micromètre ayant appartenu à Gascoigne et d'un instrument identique dessiné par Hooke suivra le 21 juillet 1667 (fig. 2). À une époque à laquelle les conflits de priorité étaient

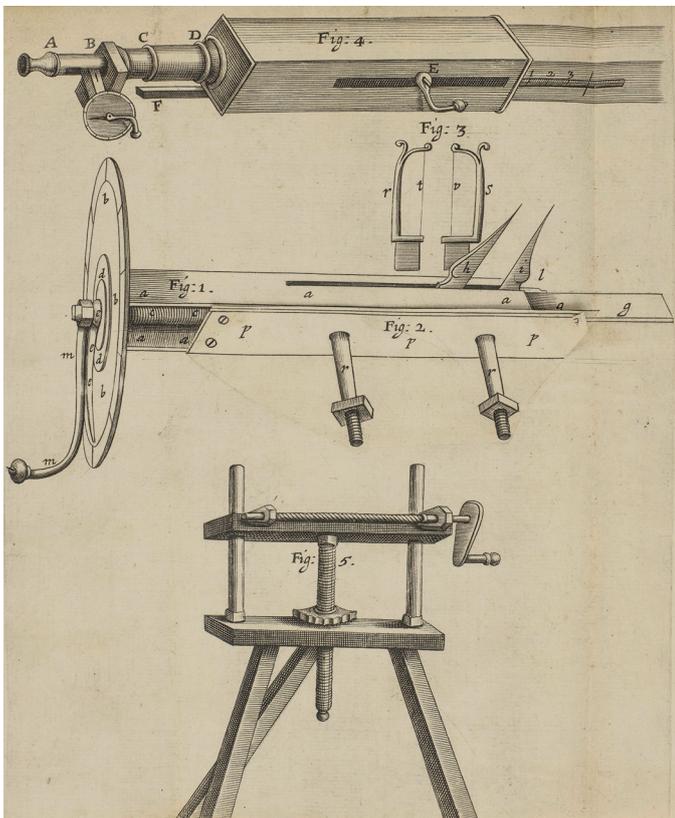


Fig. 2 - Dessin du micromètre de Towneley par Robert Hooke.

Tiré de « A Description of an Instrument for Dividing a Foot into Many Thousand Parts and Thereby Measuring the Diameters of Planets to a Great Exactness », *Philosophical transactions*, 1667, vol. 2, 29, p. 541-556.

Domaine public

particulièrement acrimonieux, celui-ci n'a cependant fait l'objet d'aucune controverse. La priorité de Gascoigne ne faisait guère de doute et Auzout ne s'en offusque pas.

Quelques mois plus tard, Auzout publie son *Traité du micromètre ou manière exacte pour prendre le diamètre des planètes et la distance entre les petites étoiles*. Le micromètre créé par Auzout est très différent de celui imaginé par Gascoigne. En faisant de son micromètre un micromètre à vis ou à cadre mobile (fig. 3), son utilisation en est rendue à la fois plus précise et plus simple. C'est un micromètre filaire. Un châssis, placé dans le plan focal de la lunette, porte un certain nombre de fils fixes, et deux rainures parallèles permettent le glissement du chariot entraîné par le mouvement de rotation de la vis, et auquel est fixé

un fil mobile. Un index donne le nombre de tours entiers de la vis, tandis que les fractions de tours sont lues sur un cadran parcouru par une aiguille portée par la tête de la vis. La graduation de la vis permet de convertir en angles les distances entre les fils. Auzout n'a certes pas eu le premier l'idée du micromètre à fil, mais il est le premier à rendre public son dispositif et à en écrire un traité complet.

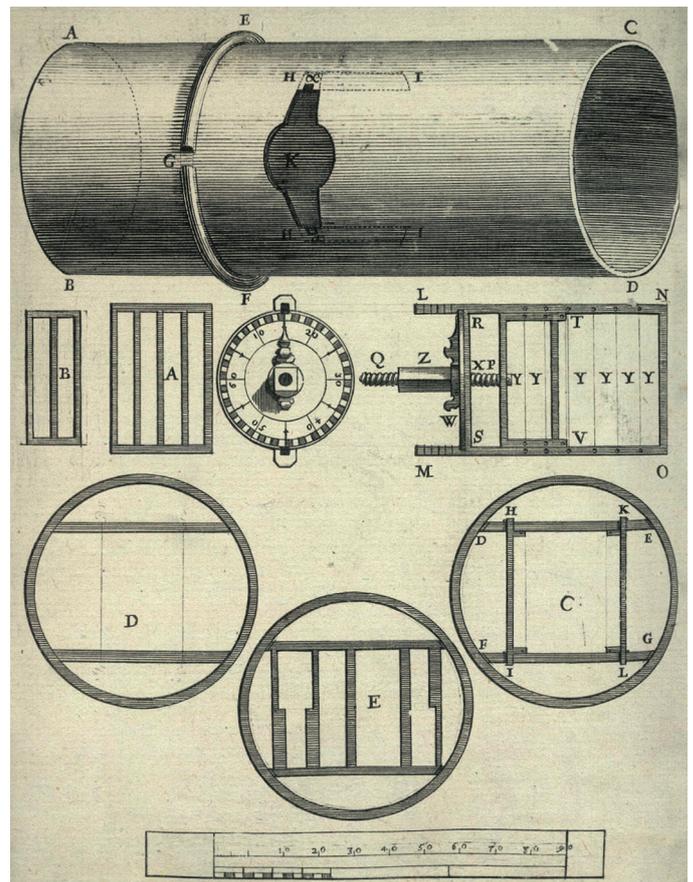


Fig. 3 - Micromètre d'Auzout.

Tiré de « Extrait d'une lettre de M. Auzout du 28 Decembre 1666 à M. Oldenbourg Secetaire de la Société Royale d'Angleterre, touchant de la maniere de prendre les diametres des Planètes, & de sçavoir la parallaxe ou la distance de la Lune: Comme aussi touchant la raison pourquoy dans la derniere Eclipse de Soleil le diametre de la Lune parut plus grand vers la fin de l'Eclipse qu'au commencement. »

Domaine public

Comment l'idée lui est-elle venue ? Nous n'en savons rien. Auzout était cependant un esprit indépendant et ingénieux, curieux et exigeant, et sans doute aussi dur de tête sans pour autant dire qu'il

avait quant à lui une araignée au plafond. S'il est bien l'inventeur du micromètre tel qu'il va ensuite se répandre parmi tous les astronomes, il revient cependant à un second personnage, beaucoup plus discret, mais tout autant talentueux, de réussir à adapter ce micromètre sur une lunette astronomique. Il s'agit de l'abbé Jean Picard (1620-1682). Nous savons peu de choses à propos de l'abbé Jean Picard, nous ne sommes même pas sûrs de l'année de sa mort (1682 ? 1683 ?). Auzout et Picard réaliseront le 2 octobre 1667 la première observation à l'aide d'une lunette appliquée à un quart de cercle de 9 pieds 7 pouces équipé de « verres de lunettes d'approche qui donnent un grand avantage pour pointer plus justement qu'on n'aurait encore jamais fait », ainsi que le remarque Picard dans un mémoire lu à l'Académie des sciences le 24 octobre 1668.

Picard est très certainement le premier à utiliser cette invention de façon intensive en 1669-1670, quand il cherche à déterminer la taille de la Terre par triangulation entre Sourdon, près d'Amiens, et Malvoisine, au sud de Paris (fig. 4). C'est la première opération géodésique de l'histoire publiée dans son ouvrage *Mesure de la Terre* en 1671.

En 1669, il présente également devant l'Académie des sciences son programme d'observation, en particulier, ce qui n'avait jamais été fait avant lui, la redétermination des ascensions droites absolues des étoiles par comparaison directe avec le Soleil, sans passer par des corps intermédiaires, Lune ou Vénus. Ceci est rendu possible grâce à l'emploi de la lunette attachée à son quadrant qui permet aux étoiles les plus brillantes d'être observées de jour et d'une horloge à pendule pour la détermination simultanée du temps sidéral local lorsque les étoiles traversaient le méridien. En 1671, il monte une l'expédition à Uraniborg – lieu mythique où se trouvait un siècle plus tôt l'observatoire du grand Tycho Brahe – pour la détermination précise de la position de l'observatoire. Il est le premier à dé-

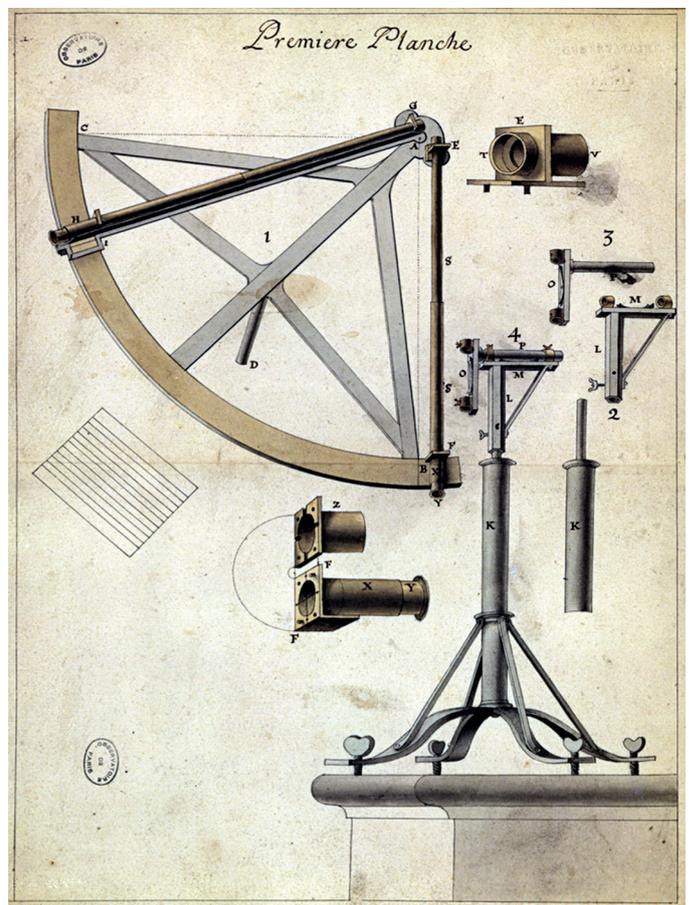


Fig. 4 - Quart-de-cercle de 18 pouces (~ 46 cm) de rayon à lunettes, équipé du micromètre élaboré avec Auzout, utilisé par Picard pour la mesure de la Terre en 1671.

Planche préparatoire pour la *Mesure de la Terre* (1671) de Jean Picard.

Crédits Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

crire le mouvement apparent de l'étoile Polaire autour du pôle avec une période d'un an. Ce petit mouvement résultait d'un effet qui sera découvert au siècle suivant, en 1725, par l'astronome anglais James Bradley (1693-1762) et connu sous le nom d'*aberration des fixes*. Il s'agit de la modification de la place apparente des étoiles dans le ciel, consécutive au temps de trajet de la lumière qui n'a pas un déplacement instantané comme on l'imaginait encore à l'époque de Picard. Ironie de l'histoire, lors de sa visite à Copenhague, il avait fait la rencontre d'Ole Rømer (1644-1710), le convainquant de venir à Paris où il restera 9 ans pour notamment y découvrir... la propagation de la lumière en 1675 ! Étrange – pour ne pas dire aberrant – que ni Rømer ni Picard, qui tous deux résidaient au sein de l'Ob-

servatoire royal de Paris qui venait d'être fondé par le roi en 1667, n'aient réuni leurs observations et conclusions qui les auraient menés tout droit vers la découverte de l'aberration. Toutes les observations de Picard seront publiées en 1741 dans l'*Histoire céleste* de Le Monnier (1715-1799).

La comète de la discorde

LES COMÈTES ont parfois encore une réputation tenace qui leur colle à la peau, celle d'être les annonciatrices de présages, bons ou mauvais. Celle de 1665 va en tout cas avoir des conséquences déterminantes pour l'histoire de l'astronomie. Visible entre fin 1664 jusqu'en avril 1665, elle est observée avec passion par les astronomes de l'époque à commencer par... Adrien Auzout, encore lui !

Les comètes demeurent des corps célestes imprévisibles, dans le sens où leurs trajectoires n'entrent pas encore dans les calculs des mathématiciens de l'époque. Auzout se saisit de l'occasion et de sa plus belle plume pour écrire une épître au Roi intitulée *L'Éphéméride du Comète* [sic]. Il demande ni plus ni moins que la création d'une « Compagnie des sciences et des arts » qui fournirait la structure, les fonds et les outils nécessaires pour que la France progresse et s'impose de manière décisive dans le domaine des sciences.

*Si j'avais eu un lieu plus propre
et les grands instruments nécessaires pour faire
des observations très exactes, j'en aurois fait
et je ne doute pas qu'elles m'eussent aidé
à rencontrer mieux que je ne ferai. Mais Sire,
c'est un malheur qu'il n'y en ai pas un à Paris
ni que je sache dans tout Vostre Royaume [...]]
et c'est peut-estre la cause pour laquelle il n'y a
pas un Royaume dans l'Europe dont les Cartes
Géographiques soient si fautives, et où la situation
des lieux soit si incertaine.*

Appel entendu. Cette « Compagnie des Sciences et des Arts » qu'Auzout appelait de ses vœux – remarquons à cette occasion le lien qu'il établit entre les sciences et les arts – verra le jour par la création de l'Académie royale des sciences le 22 décembre 1666 dont Auzout et Picard feront partie, qui, dans sa première réunion, va décider que cette « structure » serait un observatoire, l'Observatoire royal de Paris fondé le 16 juin 1667, jour du solstice d'été. Toutefois, une semaine après la création de l'Académie des sciences, Auzout déchanté déjà et l'écrit aussitôt à Oldenbourg :

*Bien que j'aie eu l'honneur d'être nommé
par le Roi en tant que mathématicien
et physicien, je ne peux pas vous donner
plus de détails que ce que tout le monde sait,
parce que nous n'avons pas été pleinement
informés et que les choses n'ont pas atteint
le point que nous étions en droit d'espérer. [...]]
[Pendant l'été 1666] alors que nous manquions
d'instruments [...]] l'espoir constant
de les obtenir [de la nouvelle Académie
lorsqu'elle ouvrirait ses portes] a eu
pour conséquence que les individus n'ont pas
entrepris ce qu'ils auraient normalement fait.*

Un an plus tard, le 29 décembre 1667, sa frustration est encore plus grande et irréversible :

*Je ne suis presque jamais d'humeur à écrire.
Je ne m'excuse pas en invoquant le poids de mon
travail, car vous pouvez croire que je n'en ai pas.*

En 1668, Auzout démissionne de l'Académie – fait rarissime pour être souligné, que pouvait-il y avoir de plus important à ses yeux que le prestige et la pension qui allait avec le titre qui méritait de les sacrifier ? – et quitte la France pour l'Italie. Il y rencontre le grand Giovanni Domenico Cassini (1625-1712) – qui lui avait dédié son ouvrage de 1668 sur les éphémérides des satellites de Ju-

piter (fig. 5) – et lui présente les plans du nouvel observatoire. C’est sans doute lui qui proposa à Colbert d’inviter Cassini en France et qui se fit l’intermédiaire de cette opération. Il correspondait déjà depuis de nombreuses années avec les Italiens, tels que Riccioli (1578-1671), Grimaldi (1618-1663), Campani (1635-1715) et Cassini, notamment à propos des objectifs de Campani et de son idée de lunette sans tuyaux (1663).

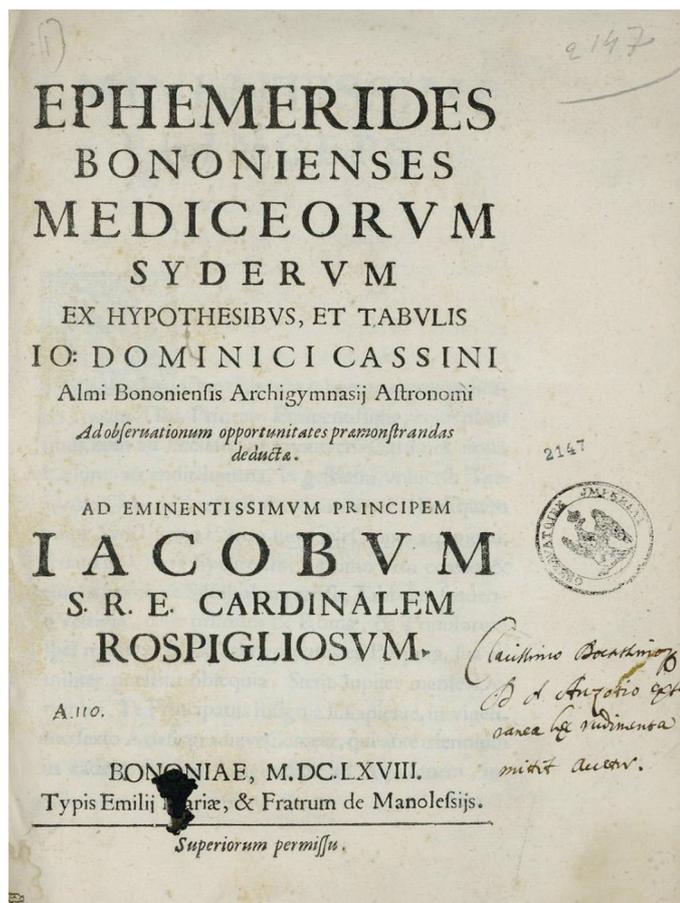


Fig. 5 – Page de titre dédiée à Adrien Auzout de la main de Jean-Dominique Cassini.

Ephemerides Bononienses Mediceorum siderum ex hypothesibus, et tabulis Jo: Dominici Cassini Almi Bononiensis Archigymnasii astronomi ad observationum opportunitates praemonstrandae deductae. Ad eminentissimum principem Iacobum S. R. E. cardinalem Rospigliosum.

Crédits Bibliothèque de l’Observatoire de Paris

Mais avant cela, Auzout, notre trublion, ne quittera pas la scène sans être à l’origine d’une nouvelle controverse que de nos jours nous appellerions

une véritable *polémique*. La seule académie du moment étant encore la Royal Society qui s’est dotée de la première publication régulière au monde, les *Philosophical Transactions*, Auzout y adresse un rapport de ses observations le 6 mars 1665 y incluant une éphéméride de la comète. Auzout fait sensation : pour la première fois, voici un astronome en mesure de prédire la trajectoire d’une comète. À partir de seulement cinq observations, il déclare que la comète se déplace le long d’un grand cercle en espérant que des observateurs situés à Madagascar ou en Guyane l’auront observée puisque, selon lui, c’est en ces lieux que la comète aurait été vue pour la première et pour la dernière fois. Personne encore n’est en mesure de confirmer ou d’informer une annonce aussi fracassante.

Toutefois, la polémique va naître, non de l’orbite de la comète, mais des observations elles-mêmes. Le grand astronome du moment qui fait autorité en matière d’observation de précision, et dont la Royal Society en a fait l’un de ses premiers membres étrangers en 1664, le polonais Johannes Hevelius (1647-1693), de 25 ans son aîné, conteste, le 6 novembre 1665, les mesures d’Auzout. Tout part de la nuit du 18 février 1665. Hevelius rapporte que la comète était alors placée au niveau de la première étoile du Bélier, tandis qu’Auzout soutient que le 17 février, elle en était distante de 1° 17’ et plus proche de seulement 12’ ou 13’ le 19 février (Auzout n’avait pas observé dans la nuit fatidique du 18 février). Hevelius en appelle à l’arbitrage des astronomes anglais les plus compétents, arguant qu’il est sûr de son fait et qu’en aucun cas il n’a été trompé par une quelconque étoile du champ.

Sa requête est mise en œuvre et peu de temps après, le 12 février 1666, un groupe d’astronomes anglais, dont la composition restera inconnue, rend ses conclusions unanimes après avoir également pris en considération des observations faites en Italie et en Hollande : ce que Hevelius a

vu le 18 février près de la première étoile du Bélier n'était pas la comète. Hevelius se soumet ⁽¹⁾.

Le lynx prussien détrôné

L E COUP PORTÉ EST RUDE. Personne jusqu'ici n'avait jamais osé mettre en doute la précision des observations d'Hevelius surnommé le « lynx prussien ».

Hevelius se revendiquait de l'héritage de Tycho Brahe. Il avait fait construire son observatoire sur le toit de sa maison au cœur de Dantzig (Gdansk) et l'avait baptisé Stellaburgum – la cité des étoiles. Il ne visait les étoiles qu'à l'œil nu, essentiellement à l'aide d'un tube avec des fentes aux deux extrémités, parce qu'il n'avait pas confiance dans le télescope pour ce type de mesures. Tout comme son idole Tycho, il possédait de magnifiques instruments d'observation, quadrants et sextants géants de type tychonien, qu'il décrit dans sa *Machina Coelestis* (1673) avec force détails et gravures. Le soin apporté dans la précision du détail des dessins suggère visuellement la précision inhérente à ses mesures, des personnages y figurent toujours, donnant ainsi des indications sur l'échelle des instruments, leur emplacement et la façon de travailler. Sans doute l'un des derniers ouvrages de ce type. Hevelius a toujours l'œil à l'oculaire, ses assistants sont à la mesure. Sa seconde femme, Elizabeth (1647-1693), qu'il épouse à 52 ans alors qu'elle n'a que 16 ans, le seconde. Elle observe à ses côtés à partir de 1664 et reçoit les visiteurs de renom, comme Edmund Halley (1656-1742) à l'été 1679. Elle est la première femme mise en image en train d'observer (fig. 6). Arago dira d'elle en 1821 – propos conçus comme un hommage par son auteur, qui ne serait sans doute plus perçu ainsi de nos jours : « Un souvenir

bienveillant sera toujours accordé à madame Hevelius, la première femme, à ma connaissance, qui n'ait pas craint d'affronter la fatigue des observations et des calculs astronomiques. » C'est elle enfin qui publiera en 1690 à titre posthume la dernière œuvre de son mari, *Prodromus Astronomiae*.



Fig. 6 - Johann et Elisabeth Hevelius au Grand Sextant.

Hevelius observe (vise l'étoile) tandis que son épouse prend la mesure. Tiré de Hevelius, *Machina Coelestis*, 1673.

Domaine public

Les observations d'Hevelius surpassaient en qualité celles de Tycho Brahe. Il a le projet de dresser un nouveau catalogue des étoiles fixes, beaucoup plus précis que celui de Tycho Brahe, dans lequel il croit

(1) *Of the Judgment of some of the English astronomers, touching the difference between two learned men, about an observation made of the first of the two late comets, Philosophical Transactions*

décélérer des erreurs allant jusqu'à plusieurs dizaines de minutes. Dans son ouvrage posthume *Prodomus Astronomiae*, il recense 1 564 étoiles fixes (erreur moyenne sur les positions de 50", supérieure à celle de 2' de Tycho Brahe). C'est dans le *Podromus* qu'Hevelius écrit en exergue « je préfère l'œil nu ».

Hevelius est cependant un astronome du passé. Son champ astronomique embrasse principalement le positionnement des objets et les mathématiques. L'arrivée du télescope bouleverse cette conception traditionnelle. Quel type de connaissance peut apporter le télescope ? Pour Hevelius, le télescope (la lunette astronomique) n'est pas un instrument de mesure physique, mais un moyen de connaissance métaphysique sur la nature de la Lune, le statut des anneaux de Saturne, etc. Bien qu'Hevelius soit l'un des premiers à concevoir de très longs télescopes, desquels il tirera son *Selenographia* (1647), le premier atlas lunaire (fondateur de la topographie lunaire), il se refuse toujours à appliquer les lunettes à ses instruments divisés, prétextant qu'il ne serait pas possible d'assurer correctement leur collimation.

Le désaccord entre ses mesures et celles d'Auzout à propos de la première comète de 1665, tranché en faveur du français en 1666 par la Royal Society, va ouvrir une dispute soutenue avec Robert Hooke (1635-1703) de 1667 à 1685. Le nœud du problème se focalise sur l'application de mires télescopiques. Hevelius s'y refuse absolument, ses sextants resteront vierges de tout système de visée par lentilles. Hooke évoque de nouveaux tests expérimentaux qu'il a réalisés, prouvant que l'œil humain ne peut discerner des détails plus petits que la minute de degré. Il ne peut accepter ni comprendre que l'on puisse se priver volontairement d'un degré d'exactitude dix fois supérieur (soit 10" d'arc). Hooke se montre féroce :

*Il y a donc une chose dans les instruments
d'Hevelius qui, bien qu'ils ne soient jamais*

*aussi grands, jamais aussi précisément divisés,
jamais aussi bien choisis et commodes, jamais
aussi faciles à utiliser, jamais aussi habilement et
industriusement élaborés, les rendront néanmoins
tous égaux en termes d'utilisation, avec un rayon
d'environ deux ou trois pieds de métal avec la mire
de Ticho et les divisions diagonales, ce qui est dû
au pouvoir limité de distinction à l'œil nu.*

Hevelius lui répond :

*Il n'est jamais arrivé jusqu'à présent au distingué
Hooke de les observer, car il n'y a aucun moyen
pour lui de les voir, et encore moins de savoir
ce qu'on peut en déduire : si les observations
peuvent être faites à tant de minutes entières d'arc
seulement, ou à des secondes ? Est-ce que ceci
ou cela est au pouvoir de n'importe quel homme
de n'importe quelle nation, ou non ? Et d'autres
questions de ce genre, qui dépendent uniquement
des événements réels et de l'expérience...*

La dispute entre Hooke et Hevelius ne prendra fin que cinq ans plus tard, lorsque Halley arrivera à Dantzig. Il rapporte : « Mais en ce qui concerne les distances mesurées par les sextants, je vous assure que j'ai été surpris de les voir si proches l'une de l'autre, et si je ne les avais pas vues, j'aurais difficilement pu croire à la relation de l'une d'entre elles. » Selon Halley, la plus grande divergence entre ses observations et celles d'Hevelius n'était pas supérieure à 10". Il fallait voir Hevelius en train d'observer pour conclure qu'il n'y avait « plus aucun doute sur sa véracité ». Bien qu'il ait pu être un technicien compétent et de rang social élevé, la crédibilité de ses mesures astronomiques reposait sur le seul fait qu'Hevelius, l'individu, possédait une acuité visuelle extrêmement puissante et hors du commun.

Mais la création des observatoires de Paris (1667) puis de Greenwich (1676) va progressivement

pousser Hevelius et ses belles gravures hors du champ de la nouvelle modernité et une querelle va laisser la place à une autre. L'année 1665 sera un tournant dans la vie d'Hevelius et sa dispute avec Hooke va obliger la communauté scientifique à prendre parti.

La querelle du Classique et du Moderne

EN 1675, John Flamsteed, l'astronome royal, est chargé par le roi Charles II de rectifier les coordonnées et les mouvements des corps célestes. Par ses lectures, notamment celle de l'*Almagestum Novum* de Giovanni Battista Riccioli publié en 1651, il était convaincu que des incertitudes étaient inhérentes aux observations de Tycho Brahe par la méconnaissance de paramètres astronomiques fondamentaux (obliquité de l'écliptique, longueur du jour solaire apparent, parallaxe solaire...). Par ses mesures, il avait acquis la conviction que le jour solaire vrai (durée entre deux retours consécutifs du Soleil au méridien d'un lieu donné) varie de façon périodique, en raison à la fois de l'excentricité de l'orbite terrestre et de l'obliquité du plan de l'équateur céleste. Sa démonstration est publiée en 1672. Il s'engage alors dans la mesure expérimentale de l'équation du temps dans ses premiers temps au tout nouvel observatoire de Greenwich. Avant la fin de 1677, le « premier principe de l'astronomie » n'était plus un postulat, mais avait été vérifié expérimentalement, à savoir l'hypothèse fondamentale de la rotation isochrone de la Terre par rapport aux étoiles. Il estime aussi la parallaxe solaire à environ 10". Enfin, l'application du micromètre à vis à ses instruments divisés s'imposait de toute évidence, il visait implicitement une précision de 1" à 2".

C'est au printemps 1670 que Flamsteed reçoit un micromètre de Towneley-Gascoigne comme ca-

deau de Jonas Moore. Dans une lettre à Cassini publiée dans les *Philosophical Transactions* du 7 juillet 1673, Flamsteed révèle la précision exceptionnelle avec laquelle il peut mesurer les corps célestes grâce à la manipulation experte d'un micromètre filaire. Il rapporte qu'en fixant son micromètre à un télescope de quatorze pieds, il peut diviser de manière fiable un seul... [pouce] en 3 507 parties. Plus tard, il ira jusqu'à affirmer que ce dispositif pouvait être capable de mesurer les parallaxes stellaires – très présomptueux. Le 11 septembre 1673, nouveau courrier à Cassini dans lequel il met en cause ouvertement Hevelius :

J'ai entendu dire que le célèbre Johannes Hevelius a promis [d'effectuer] cette réforme [des erreurs de Tycho], mais comme on dit qu'il mesure les intervalles entre les étoiles fixes avec des viseurs ouverts, sans lentilles, montés sur ses instruments, on ne peut s'attendre à une plus grande précision que celle de Tycho, d'autant plus que l'on sait combien il est difficile d'aligner des instruments à vue ouverte sur les étoiles fixes dans l'obscurité de la nuit, en particulier sur les petites étoiles. C'est pourquoi nous espérons que ce très noble travail sera entrepris par vous-mêmes dans l'observatoire royal qui soit pleinement digne de votre compétence, pour la renommée de la France, avec une meilleure application des télescopes aux instruments ; nous désirons vivement savoir si nous pouvons l'attendre de vous.

La lettre sera publiée dans les *Philosophical Transactions*, Oldenburg tentera d'en atténuer le choc en disant à Hevelius qu'il soit « assuré que l'auteur a proposé sa remarque non pas par malice, mais en cédant à un désir excessif de faire progresser et de développer l'astronomie ».

De son côté, Hevelius, loin de Paris et de Londres, essaie d'acquérir un micromètre pour son observatoire en 1668 (Lettre à Oldenburg du 19 no-

vembre 1668). Les demandes d'Hevelius restent lettre morte et ce n'est qu'après l'arrivée d'Edmond Halley à Dantzig en 1679, pour régler le différend qu'il a avec Hooke à propos des avantages de la lunette astronomique, qu'Hevelius fait la connaissance du micromètre. Après la visite de Halley, cependant, Hevelius éprouve des difficultés certaines à se familiariser avec le micromètre, il ne sait pas comment l'appliquer à ses lunettes. Il demande conseil à Flamsteed dans une lettre en date du 9 janvier 1681 :

J'aimerais beaucoup savoir de quelle longueur est le télescope dans lequel vous avez l'habitude d'insérer ce micromètre, et par quelle méthode il est fixé dans le tube ; j'ai remarqué 4 vis, mais je ne comprends pas comment cela doit être fait.

Flamsteed lui répond le 28 mars 1682 sur un ton très condescendant. Après avoir finalement accédé aux demandes d'Hevelius en lui expliquant comment installer l'instrument et le calibrer, il achève sa description du micromètre en admettant qu'il « craint de trop s'attarder sur une question aussi simple ». La suite n'est pas connue. Hevelius n'a jamais réalisé la moindre observation à l'aide d'un micromètre.

En cette fin du XVII^e siècle, alors qu'en France, la querelle des Anciens et des Modernes faisait rage dans le monde littéraire et artistique, une querelle équivalente agitait le monde des astronomes. Hevelius, le Classique, surpassa en précision, par ses observations à l'œil nu, tout ce qui avait été fait avant lui. Cependant, son catalogue final (le *Podromus* de 1690) ne régnera sur les cieux que 35 ans durant, jusqu'à la publication posthume en 1725 de celui de Flamsteed, le Moderne, par sa femme, Margaret, contenant 2 925 étoiles avec une précision moyenne de 8", l'*Historia Coelestis Britannica*.

Épilogue : ce qui fait un astronome

IL EST FORT PROBABLE qu'Hevelius ait décidé de publier sa *Machina Coelestis* en réaction à l'affaire de la comète de 1665, à peine huit ans après. Pour lui, la crédibilité de ses observations repose avant tout sur le fait qu'il est un observateur du ciel nocturne « à l'œil vif ». L'observateur fait corps avec son instrument en quelque sorte.

Flamsteed, dont la conviction de l'efficacité des télescopes est inébranlable, libère en quelque sorte son corps et son acuité visuelle de la responsabilité de voir correctement. Il est vrai que sa mauvaise santé était bien connue de tous ceux qui communiquaient avec lui. Cette réputation s'accompagnait sans doute du fait que les observations de Flamsteed étaient régulièrement faites par ses assistants, ce qui faisait du télescope et de son attachement à la précision mécanique de ses instruments un moyen commode de rendre son corps inessentiel aux actes d'observation et d'enregistrement.

La certitude exige de l'astronome qu'il démontre sa capacité à trouver les erreurs qui surviennent inévitablement dans ses instruments, quelle que soit la qualité de leur construction, et de les compenser de manière systématique. Contrairement à Flamsteed, Hevelius n'a jamais pris la moyenne de ses observations, malgré le fait qu'il enregistrait normalement pas moins de quatre positions différentes pour la même étoile.

L'effort de Flamsteed vise donc à détacher autant que possible l'observateur de l'observation. L'observateur nouveau n'est pas celui qui nécessairement doit être doté d'une acuité visuelle optimale. Le télescope muni de son micromètre devient un véhicule mécanique qui va libérer l'observateur.

C'est l'héritage de l'observatoire de Greenwich. Flamsteed institue ainsi une sorte d'objectivité mécanique. Selon les standards modernes, les méthodes de réduction de Flamsteed étaient très imparfaites ; horloge au fonctionnement irrégulier par l'absence de compensation de température, phénomènes d'aberration et de nutation encore inconnus – ils seront découverts par James Bradley successivement en 1725 et 1728 –, réfraction incertaine, température et pression barométrique non enregistrées. Cependant, sa confiance inébranlable dans l'efficacité métrologique des télescopes va se transmettre à l'ensemble de la communauté, laissant à l'astronome la tâche de perfectionner la connaissance des paramètres fondamentaux de l'astronomie et de découvrir les petits effets qui lui permettront d'atteindre l'étape suivante : viser la seconde de degré.

Références

D. Sellers, « In Search of William Gascoigne: Seventeenth Century Astronomer », *Astrophysics and Space Science Library*, Springer, New York, 2012, vol. 390.

A. Cook, *Johann and Elizabeth Hevelius, astronomers of Danzig*, Endeavour, 2000, vol. 24.

J. Vertesi, « Instrumental images: the visual rhetoric of self-presentation in Hevelius's *Machina Coelestis* », *The British Journal for the History of Science*, 2010, vol. 43.

R.J. Spiegel, « John Flamsteed and the turn of the screw: mechanical uncertainty, the skilful astronomer and the burden of seeing correctly at the Royal Observatory, Greenwich », *The British Journal for the History of Science*, 2015, vol. 48.