LE VOYAGE DE JEAN PICARD AU DANEMARK

L'homme qui mesura la Terre...

Gil Rivière-Wekstein

Le 22 décembre 1666, Jean Baptiste Colbert, agissant pour le compte de Louis XIV, tint la première séance officielle de ce qui allait devenir l'Académie Royale des Sciences, réponse à la Royal Society de Londres, officiellement reconnue par le roi Charles II d'Angleterre quelques temps auparavant. Lors de cette réunion *« six à sept des plus célèbres mathématiciens se sont réunis. C'était MM. Carcavi, Huygens, de Roberval, Frenicle, Auzout, Picard et Buot. Et ainsi fut établie l'Académie incluant presque exclusivement des Géomètres »* (DuHamel, R. Sc. Hist., p.4).

En fait, si Pierre de Carcavi et Roberval étaient géomètres, Claude Perrault était médecin, Jean Picard et Adrien Auzout astronomes. D'autres grands scientifiques se joignirent à l'Académie, tels les astronomes Jean-Dominique Cassini, Pierre Varignon et Philippe de la Hire. Bien que les idées dominantes de l'époque aient été fortement influencées par René Descartes (1596-1650), l'Académie s'inspirait surtout des travaux de Blaise Pascal, Pierre de Fermat et du géomètre Gérard Desargues.

Mais c'est en la personne de Christiaan Huygens que Colbert mit tout particulièrement son espoir pour faire de Paris l'un des principaux pôles de recherche du dernier quart du XVIIème siècle. Au cours de sa vie parisienne (1661-1681), Huygens prendra le temps d'élaborer ses œuvres les plus marquantes, de mettre au point son horloge à pendule utilisant les propriétés isochroniques des courbes de cycloïdes, de publier — avec une dédicace au roi Louis XIV — son fameux *Horologium Oscillatorium*, d'inventer les montres à ressort spiral réglant et, surtout, d'étudier la théorie de la lumière.

Jean Picard et l'Académie

Si Jean Picard est éminemment moins connu que Huygens, dont le travail théorique acquit une renommée internationale, il joua néanmoins un rôle fondamental dans les premières années d'existence de l'Académie.

Fils d'un libraire de la ville de La Flèche, Jean Picard est né en 1620. Après sa scolarité au collège jésuite Henri IV de sa ville natale, il s'installe à Paris dès 1640, où il fréquente les cours d'astronomie du prestigieux Gassendi au Collège Royal avec qui il réalise des observations astronomiques (mentionnées dans la magnifique édition en six volumes des *Opera Omnia* de Gassendi parue en 1658). Gradué maître ès Arts de l'Université de Paris le vendredi 10 juin 1650, il fréquente les astronomes de l'époque comme Claude Luillier, dit Chapelle, Agarrat ou François Bernier. Parallèlement, il se voit ordonné prêtre et détiendra le prieuré de Brion, de Rillé, la chapelle d'Yvandeau et la prestimonie des Lippereaux et Virofollets. Il acquiert ainsi une relative indépendance financière lui permettant de consacrer la plus grande partie de son temps et de ses forces aux activités intellectuelles. S'il est presque totalement inconnu du public en 1666, lors de la nomination des premiers membres de l'Académie, il bénéficie d'une expérience de vingt années d'observations astronomiques et de précieux amis dont Auzout avec qui il venait de mesurer les diamètres des astres.

Lors de la construction du nouvel Observatoire de l'Académie, c'est tout naturellement Picard qui fut chargé de s'en occuper. Outre l'aspect technique, l'Observatoire ne pourrait progresser dans ses recherches qu'en comparant ses résultats avec les mesures astronomiques les plus précises de l'époque. Elles avaient été réalisées par Tycho Brahe, à Uraniborg, et avaient donné lieu à l'élaboration de tables, dont les Rudolphines. Mais, pour comparer ces résultats, Picard devait établir correctement la différence de longitude entre l'Observatoire de Paris et celui d'Uraniborg.

En 1669, au fait de ces questions, Picard explique dans un article à l'Académie :

« (...) Outre ces observations qui sont à faire journellement, il y a un avis a donner qui me semble estre d'importance et qui concerne une chose qui seroit a faire en attendant que l'observatoire fut achevé. On ne doubte point que l'observatoire ne doive servir au restablissement de l'astronomie et a fonder des Tables plus justes que les Rudolphines, d'autant qu'outre les observations de Tycho Brahe, nous aurons encore la justesse des nostres apres un intervalle de temps assez notable ; mais pour pouvoir comparer les observations faictes icy avec celles de Tycho Brahe et substituer le meridien de Paris au lieu et place de celuy de Uranibourg, il est necessaire de sçavoir exactement la difference de longitude, qu'il y a entre ces deux meridiens, et pour cet effect il faudroit avoir des observations des satellites de Jupiter correspondemment faictes dans ces deux lieux ; il seroit mesme bon qu'on eust prist de nouveau la hauteur du pole du lieu ou estoit Uranibourg tant pour comparer nos intruments avec ceux de Tycho, que pour voir quelle foy on doibt avoir a ses observations, comme il fit luy mesme a Copernic, envoyant apres (sic) en Prusse pour veriffier la hauteur du pole que Copernic avoit supposée et a laquelle il se trouva erreur de prez de trois minutes ». (C. Wolf, Histoire de l'Observatoire de Paris, de sa fondation à 1793, Paris, 1902, pp.202-204).

La France rétrécit

Toutefois, avant qu'il puisse réaliser son voyage à Uraniborg, l'Académie avait confié à Picard d'autres tâches. Tout d'abord, il lui incombait la responsabilité de mesurer l'arc du méridien afin d'établir, entre autres, la grandeur de la Terre. D'ailleurs, Huygens avait élaboré, dès 1666, un programme afin de *« Mesurer la grandeur de la Terre. Aviser aux moiens de faire les cartes geographiques avec plus d'exactitude que jusqu'icy ».* (O.c. Huygens, t .XIX publ. 1937, p. 256).

Les mesures de l'arc du méridien étaient, jusque là, contradictoires, ce qui amena l'Académie à entreprendre de nouvelles mesures utilisant la méthode de triangulation. On mesure directement la base d'un triangle pour ensuite mesurer les angles horizontaux d'une série de triangles qui joignent deux extrémités de l'arc. A l'aide d'observations astronomiques, l'on détermine la latitude et la longitude de ces deux extrémités.

Pour ce premier projet, Picard choisi l'arc de méridien s'étendant de la ferme de Malvoisine, au sud de Paris, à Sourdan, localité située à une vingtaine de kilomètres au sud d'Amiens. Ce projet, amorcé en mai 1668, fut terminé en juillet 1671 et publié dans un premier recueil *Mesure de la Terre*. Toutefois, ce n'est qu'en 1684, deux ans après la mort de Picard, que son travail connut une large diffusion grâce à un petit ouvrage publié par Philippe de la Hire, *Abbregé de la Mesure de la Terre, Faite par Monsieur Picard.*

De plus, dès 1663, Colbert prévoyait de redessiner la carte de la France, et à partir du mercredi 23 mai 1668, l'Académie s'engagea dans le projet :

« Le mesme jour M. De Carcavi ayant dict a la Compagnie que Monseigneur Colbert desiroit que l'on travaillast a faire des Cartes Geographiques de la France plus exactes que celles qui ont esté faictes iusqu'icy, et que la Compagnie prescrivist la maniere dont se serviroient ceux qui seront employez a ce dessein ». (A. Ac. Sc. Registres, t. 3, fol 25).

A nouveau, la tâche incomba à Picard qui, aidé par Roberval, prit en charge la coordination générale de l'opération, envoyant une « armée » d'ingénieurs, dont Niquet, Beaulieu, Dupuy, Pivert, de Vivier et David, faire un tour du royaume afin d'effectuer les mesures. Ce travail laborieux prit plusieurs années et Picard lui-même, en compagnie de La Hire, arpenta infatigablement les côtes de France en 1679, 1680, 1681 et 1682.

En 1783, Cassini de Thury, descendant de Jean-Dominique, encore tout admiratif de l'œuvre de ses prédécesseurs, écrit :

« Il a fallut se transporter dans presque toute l'étendue du Royaume, & principalement vers ses extrêmités, pour en fixer les limites & le contour, porter des quarts de cercle, des pendules, des lunettes, &. » (C-F Cassini de Thury, *Description géométrique de la France*, Paris, 1783)

Effectivement, la nouvelle carte, éditée en 1693, est très éloignée de l'ancienne : elle rétrécit le royaume de 6271 lieues carrés, ce qui aurait fait dire à Louis XIV :

« (...) le Roi eût sujet de dire en plaisantant, que leur voyage (c'est-à-dire les travaux des astronomes) ne lui avoit causé que de la perte ». (Fontenelle, *Œuvres*, Nouv éd. Paris, 1742)

Enfin, Picard étant en charge de la construction de l'Observatoire Royal, il dut encore patienter jusqu'en juillet 1671 pour entreprendre son voyage au Danemark.

Mais, cette attente ne fut pas du temps perdu, car les membres de l'Académie la mirent à profit pour travailler au développement des instruments — par exemple, l'adaptation de lunettes aux instruments géodésiques ou astronomiques de mesure angulaire — et démontrer leur efficacité lors des travaux de mesures. Dans ce cadre, il faut noter en particulier l'invention de l'horloge à pendule par Christiaan Huygens, invention qui permit d'établir des mesures de temps suffisamment précises pour comparer des observations astronomiques faites en différents points du monde.

De plus, Picard emporta avec lui le résultats des travaux de son collègue, l'astronome Cassini, également membre de l'Académie. Ce dernier avait réalisé une série d'observations et publié une liste complète des éclipses des satellites de Jupiter, dont celles observables à Uraniborg durant l'été 1671.

Comme nous allons le voir, Picard utilisa tous ces nouveaux éléments lors de sa mission au Danemark où il parti, enfin, le 21 juillet 1672, accompagné de son aide ordinaire, Etienne Villard.

En mission « chez Tycho Brahe »

A Copenhague, il devient, sur l'ordre du roi, l'hôte d'Erasmus Bartholin. Picard noue très rapidement des liens très étroits avec le professeur *« qui pendant tout le temps que je fus en Dannemark, me rendit des offices très considérables »* et fait connaissance de son jeune assistant, Ole Rømer. Il en reconnait tant les mérites qu'il s'efforce, dès le mois de septembre 1671, de le faire venir en France comme en témoignent les nombreuses lettres de correspondance avec Cassini.

Dès son arrivée, Bartholin met à la disposition de son hôte les fameux manuscrits de Tycho Brahe, ainsi que la copie collationnée par Rømer pour publication au Danemark. Picard les fit parvenir en France aux fins d'impression. Ce fut le sujet de sa deuxième grande tractation.

Il prit également connaissance des mesures de la Terre effectuées par l'ancien assistant de Tycho Brahe, le cartographe W.J. Blaeu ; et constata qu'elles étaient très proches de celles qu'il venait justement d'obtenir.

Enfin, le 6 septembre 1671, après quelques mois de séjour dans le milieu scientifique de Copenhague, Picard et Villard, accompagnés de Bartholin et de Rømer, partent en direction de l'île de Hven. Ils découvrent un spectacle désolant en contradiction avec toutes les descriptions qu'on leur en avait faites à Copenhague. Picard écrit dans son récit sur son voyage :

« (...) J'avois beau jetter les yeux de tous costez, je n'appercevois dans cette Isle qu'une vieille Eglise A, quelques habitations de Païsans B, & une Ferme C, sans qu'il parust rien de l'ancien Uranibourg D. Ce fameux Observatoire achevé de bastir vers la fin de l'année 1580 n'avoit subsisté dans son entier qu'environ 20 ans.

(...) outre le déplaisir que j'eûs d'estre obligé de chercher Uranibourg à Uranibourg mesme, je ne pus voir sans quelque sorte d'indignation, que ce lieu fa-

Quelques définitions

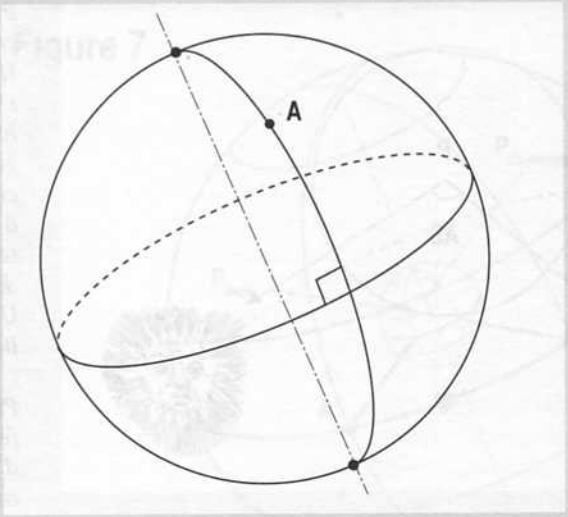


Figure 1

Le méridien d'un lieu A est la ligne imaginaire, perpendiculaire à l'équateur, qui relie les deux pôles en passant par cet endroit.

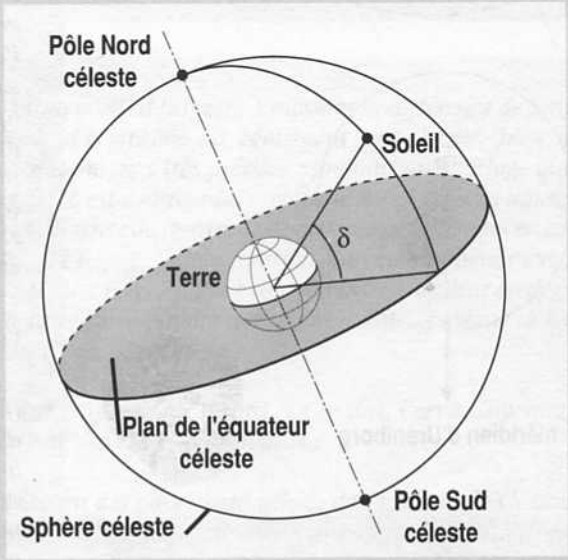


Figure 2

La déclinaison australe du soleil (δ) est l'angle entre le plan de l'équateur de la sphère imaginaire du ciel et la ligne reliant le soleil et la terre. Elle est mesurée en degrés positifs pour les angles situés au nord de l'équateur et en degrés négatifs pour ceux situés au sud, de 0° à 90° et varie avec le mouvement du soleil.

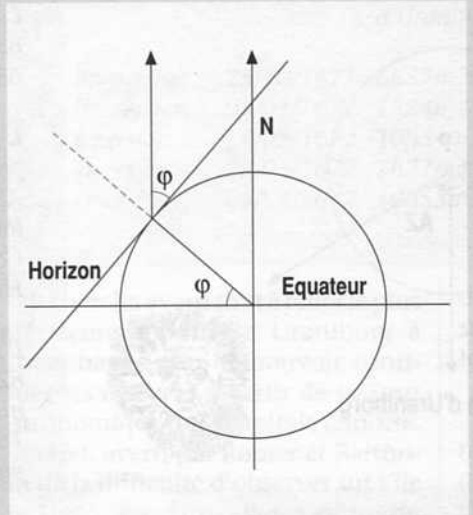


Figure 3

La hauteur vraie du pôle d'un lieu (ou latitude) (φ) est l'angle entre la ligne d'horizon et le pôle Nord, identique à l'angle entre la ligne reliant le lieu au centre de la terre et l'équateur. Elle est fixe et mesurée en degré de 0° au niveau de l'horizon jusqu'à 90° au zénith. Elle est de 48° 50' à Paris et 43°15 à Marseille.

La première étape

Figure 4

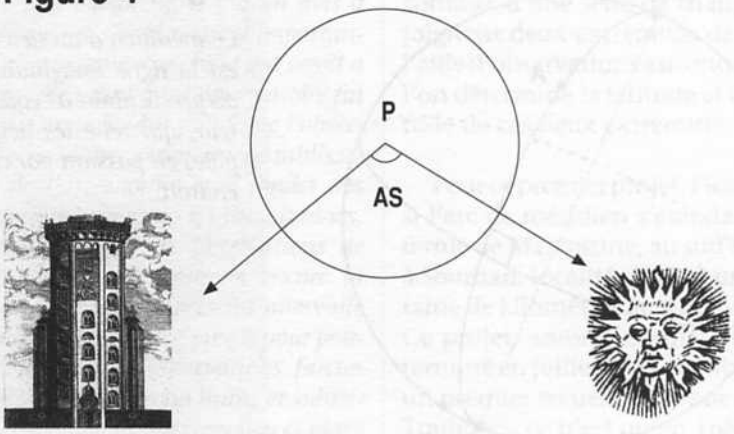


Figure 5

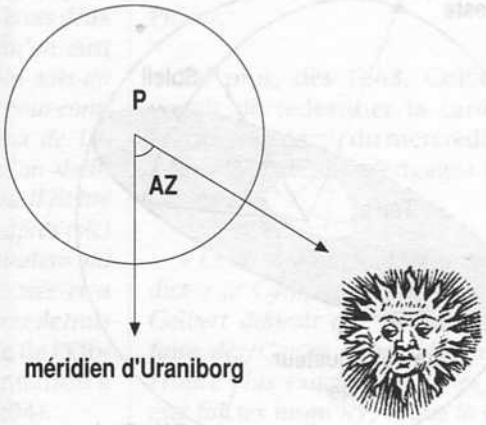
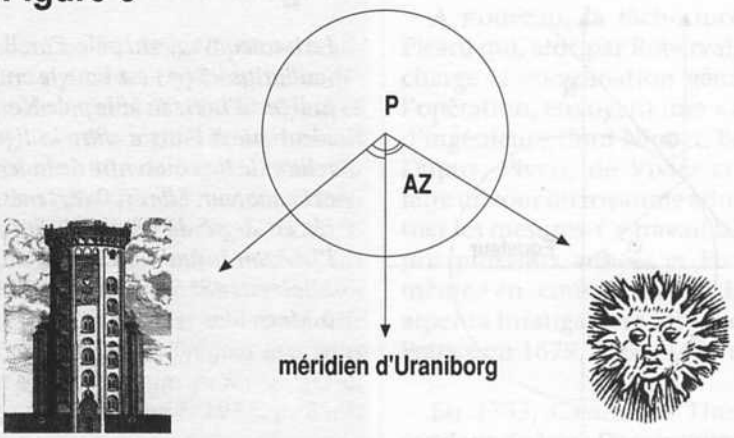


Figure 6



Pour connaître la différence de longitude entre le méridien de Paris et de l'île de Hven, Picard va procéder en deux temps. D'abord, il va établir la différence de longitude entre le méridien de Copenhague et celui de l'île de Hven, ces deux endroits pouvant s'observer mutuellement à l'œil nu. Ensuite, employant les satellites de Jupiter, il va calculer la différence de longitude entre Paris et Copenhague. Une simple addition de ces deux données lui donnera la solution de son problème.

Picard veut donc d'abord mesurer la différence de longitude entre le méridien d'Uraniborg et celui de la Tour astronomique de Copenhague. Il procède de la manière suivante : se trouvant sur l'île, il mesure, à l'heure h, *l'angle horizontal AS entre la Tour de Copenhague, visible à l'œil nu, et le Soleil (Fig. 4). Or, connaissant la hauteur vraie du pôle (φ) en ce lieu (qu'il a mesuré à 55°54'15") et après avoir également mesuré au même moment* h *la déclinaison australe du soleil (δ), il peut calculer l'angle entre le Soleil et le méridien de Uraniborg (Fig. 5) en employant la formule suivante :*

$$\tan AZ = \frac{\cos\delta \sin t}{\cos\delta \sin\varphi + \sin\varphi \cos\delta \sin t}$$

(En fait il effectuera deux fois les mesures, d'abord à 7h 21m 57s du matin et ensuite à 16h 35mm 46s du soir. Il trouvera : AS = 82°44'00" et δ = -12°51'00" le matin ; AS = 48°39'35" et δ = -12°58'35" pour l'après-midi).

La formule donne donc pour AZ : 65°58'00" pour la mesure du matin et 65°25"40' pour la mesure de l'après midi.

L'angle recherché x *(Fig. 6) est tout simplement la différence entre AS et AZ (x = AS- AZ) ; ainsi il connaît la différence de longitude entre la Tour astronomique de Copenhague et le méridien de l'île de Hven.*

Il retiendra :
82°44'00" - 65°58'00" = 16°46'00" le matin ; 65°25'40" - 48°39'35" = 16°46'05" pour le soir, deux valeurs très proches.

meux dont il sera parlé pendant qu'il y aura des Astronomes, estoit rempli de vieilles carcasses d'animaux comme une infame voirie. (...) » (Voyage d'Uraniborg)

Après avoir construit un lieu protégé des intempéries pour effectuer ses observations, l'équipe se met au travail. Picard commença par établir le méridien d'Uraniborg et procède de la manière suivante : à 7h 21m 57s du matin du 27 octobre 1671, il mesure l'angle horizontal entre la Tour astronomique de Copenhague et le Soleil trouvant 82°44'00". Il refait les mêmes mesures à 16h 35mn 46s, qui donnent cette fois 48°39'35".

Or, comme il suppose par ailleurs que (1) la hauteur vraie du Pôle (φ) est de 55°54'15"et (2) la déclinaison australe du soleil (δ) de -12°51'00" pour la mesure du matin et de -12°58'35" pour la mesure de l'après-midi, utilisant la formule suivante :

$$\tan AZ = \frac{\cos\delta \sin t}{\cos\delta \sin\varphi + \sin\varphi \cos\delta \sin t}$$

il peut conclure que l'angle entre la verticale du Soleil et le méridien est égal à AZ (soit 65°58'00" le matin et 65°25"40" l'après-midi).

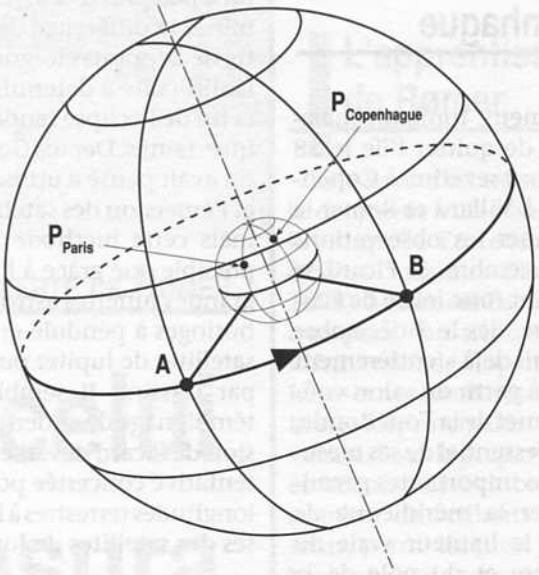
Ayant ainsi calculé ces deux valeurs pour l'azimut du Soleil, il était naturellement aisé pour Picard d'établir le méridien d'Uraniborg, ligne qui forme avec celle joignant Uraniborg et la Tour astronomique de Copenhague un angle égal à 82°44'00" - 65°58'00" = 16°46'00" pour la mesure du matin et 65°25'40" - 48°39'35" = 16°46'05".

Quoique les valeurs obtenues soient très proches l'une de l'autre, Picard aurait voulu, comme il l'écrit dans son récit de voyage, vérifier ces données en observant les étoiles fixes. Malheureusement, il n'y parvint pas.

Par contre, il prit toute une série de mesures pour déterminer l'angle de position des principales localités qu'il pouvait voir d'Uraniborg, comme Copenhague et Helsingør au Danemark, Landskrona, Helsingborg et Lunde en Suède.

La mesure de la Terre

Figure 7



Maintenant, il lui reste à mesurer la différence de longitude entre Copenhague et Paris. Le procédé est également très simple, bien qu'il nécessite des mesures astronomiques très précises : prenant une horloge qui est ajustée au temps local exact (c'est-à-dire midi lorsque le Soleil est à sa hauteur maximum), l'on obtient la différence de longitude de deux lieux différents en comparant les deux moments T_{Paris} et $T_{Copenhague}$ d'observation d'un même phénomène, ici l'émersion des satellites de Jupiter (Fig. 7). Pour calculer cette grandeur en degré, il suffit tout simplement de faire correspondre 24 heures à 360°, puisque la terre fait une rotation entière (360°) en 24 h.

C'est ce que firent Picard et Cassini, l'un à Copenhague et l'autre à Paris, pour obtenir les résultats suivants :

Tableau des cinq observations de Picard et de Cassini :
(29s (16°46'05'') ont été réduites des observations faites à Copenhague)

Eclipse	*Dates*	*Observations à Uraniborg*	*Observations à Paris*	*Différences*
immersion	*25/10/1671*	*6h57m20s*	*6h15m0s*	*42m20s*
immersion	*04/01/1672*	*1h24m45s*	*0h42m36s*	*42m09s*
émersion	*14/03/1672*	*10h34m39s*	*9h52m22s*	*42m17s*
émersion	*29/03/1672*	*2h27m41s*	*1h45m39s*	*42m02s*
émersion	*06/04/1672*	*10h53m31s*	*10h11m23s*	*42m08s*

Il chercha avant tout à relier le plus précisément possible Uraniborg à Copenhague afin de pouvoir continuer les mesures à partir de la Tour astronomique de la capitale danoise. En effet, averti par Rømer et Bartholin de la difficulté d'observer sur l'île de Hven, en particulier à cause du vent, et souffrant lui-même d'ennuis de santé, il préparait une « retraite » sur Copenhague. Il écrit dans une lettre à Colbert, le 13 octobre 1671:

« (...) dans la crainte que la grande rigueur du froid ne me chasse de cette Isle avant que j'aye achevé, et que je sois obligé de me retirer a Copenhague que l'on voit d'icy, j'ay desja pris des mesures

au moyen desquelles il me sera egal d'observer là ou icy... » (voyage d'Uraniborg)

De retour à Copenhague

Et, effectivement, tombant malade, il fut forcé de quitter l'île le 28 octobre 1671 pour se retirer à Copenhague, laissant à Villard et Rømer le soin de continuer les observations jusqu'au 19 novembre. Si Picard se remit rapidement (une lettre de Cassini indique que, dès le 3 décembre 1671, Picard était déjà « entièrement rétabli »), c'est à partir du salon voûté, situé au sommet de la Tour Ronde, qu'il entreprit l'essentiel de ses mesures, dont les plus importantes permirent de calculer la méridienne de l'Observatoire, la hauteur vraie du pôle d'Uraniborg et du pôle de la Tour Astronomique de Copenhague. Mettant en œuvre plusieurs méthodes, et en premier lieu l'observation de l'étoile Véga, il confirma également les mesures du méridien d'Uraniborg réalisés sur l'île.

Mais l'objectif de sa mission était de mesurer la différence de longitude entre Uraniborg et l'Observatoire de Paris. Pendant longtemps, l'observation simultanée des éclipses de Lune fut à peu près le seul moyen de déterminer la différence de longitude entre deux points éloignés. Cependant, la difficulté à déterminer le début et la fin de l'éclipse rendait ces mesures incertaines. Depuis Galilée au moins, on avait pensé à utiliser l'immersion et l'émersion des satellites de Jupiter, mais cette méthode ne fut rendue possible que grâce à l'apparition des grandes lunettes astronomiques, des horloges à pendule et des tables des satellites de Jupiter publiées en 1688 par Cassini. Il semble, d'après un témoignage de ce dernier, que la mission de Picard devait être la première tentative concertée pour mesurer les longitudes terrestres à l'aide des éclipses des satellites de Jupiter.

Ainsi, Cassini à Paris, et Picard, tantôt à Copenhague tantôt à Uraniborg, mesurèrent d'octobre 1671 à avril 1672 les immersions et émersions des satellites de Jupiter, tout en entretenant une longue correspondance sur leurs résultats respectifs. Dès octobre 1671, Cassini écrit :

« (...) Vous aurez vû par mes Lettres le succès de mon observation du 18. 8bre où le ciel me fut contraire dans le plus beau de l'observation ; mais par mon observation du 25. comparée avec la vôtre du 18. et avec le secours de la différence qui doit être dans l'espace de sept jours, prise des tables qui dans une si petite distance ne doivent pas faire une erreur sensible, il me semble avoir trouvé que la différence des méridiens d'Uraniborg et de l'Observatoire est de 42. minutes. (...) » (lettre à Picard du 12 novembre 1671 - b. Obs, A 4, 2, liasse 14).

Cependant, réalisant d'autres mesures, Picard retiendra finalement la valeur de 42m 10s de temps pour la différence de longitude recherchée. Elle est actuellement calculée à 41m 26,8s.

Lors de son retour à Paris, en mai 1672, Picard rapporta à l'Académie bien plus que le fruit de huit mois d'observation. Outre les œuvres de Tycho Brahe, il se vit confier les manuscrits originaux de Florimaux De Beaune *La Doctrine de l'angle solide contenu sous trois angles plans* afin de les publier. De plus, il fit l'acquisition, à Hambourg, du morceau de cristal d'Islande dont Huygens se servira, quelques années plus tard, pour ses recherches sur la double réfraction, aidé du mémoire de Bartholin *Experimentta crystalli Islandici disdiaclastici* sur le même sujet. Et enfin, il réussit à convaincre Ole Rømer de s'installer à Paris. Ce dernier, employant la même méthode d'observation des satellites de Jupiter que celle utilisée lors du séjour danois de Picard, déterminera la vitesse de la lumière à Paris en 1676.

Tout cela valait bien les deux mille livres de dédommagement que le Trésor Royal versa à Picard dès son retour du Danemark ! ■

Nous tenons à remercier Kurt Møller Pedersen, Professeur à l'Université de Aarhus (Danemark) pour l'aide qu'il a apporté à ce dossier. D'autre part, nous vous conseillons l'ouvrage « Jean Picard et les débuts de l'astronomie de précision au XVIIéme siècle », Actes du colloque du tricentenaire, éditions du CNRS, 1987.

Témoignage de Bartholin sur le séjour de Picard au Danemark

Extrait de la lettre de Bartholin à H. Oldenburg, datée du 14 août 1672.

"(...) Au moment du départ de M. Picard, je vous ait écrit une lettre que M. Fogel devait vous envoyer, lettre dans laquelle j'ai tenu à vous donner des précisions concernant les observations de notre Tycho : celles-ci ont enfin été portées sans dommage à Paris, ainsi que l'indique la dernière lettre qui m'est parvenue de M. Picard. A son sujet, pour ne rien dire ici touchant ce que vous avez déjà pu constater — son intelligence, son jugement, son savoir —, il est extrêmement travailleur et assidu, quel que soit le travail : que ce soit dans notre Tour Astronomique ou bien sur l'île de Hven, il s'est voué entièrement et avec empressement aux observations pendant tout le temps qu'il a vécu ici : or il a vécu avec moi pendant huit mois. Il a recherché et pris note de toutes sortes de choses remarquables qui peuvent servir soit à confirmer soit à corriger les observations astronomiques, surtout celles de Tycho, principalement dans le but de trouver la différence de longitude entre Hven et l'Observatoire de Paris au moyen des immersions et des émersions des satellites de Jupiter. Une fois qu'il aura conféré ses observations avec celle faites en même temps et avec un matériel instrumental identique par M. Cassini dans le nouvel Observatoire de Paris, il communiquera sans doute lui-même au public la différence de longitude en question, étant donné qu'elle pourra servir à lui et à tous ceux qui font des calculs à partir des observations de Tycho Brahe.