



Pierre Charles Le Monnier et la meridienne de Saint Sulpice

Denis Savoie

► To cite this version:

Denis Savoie. Pierre Charles Le Monnier et la meridienne de Saint Sulpice. Cadran Info, 2018.
hal-03955196

HAL Id: hal-03955196

<https://hal.science/hal-03955196>

Submitted on 15 Feb 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Pierre Charles Le Monnier et la méridienne de Saint Sulpice¹

par Denis Savoie

Le tracé en 1743 de la plus grande méridienne de France, dans l'église Saint Sulpice à Paris, s'est déroulé dans un contexte scientifique particulier qu'il est important de rappeler pour comprendre les enjeux que s'était fixés son concepteur. C'est un instrument astronomique unique et tout à fait original pour l'époque : outre le fait qu'il y a deux œilletons dont l'un est muni d'une lentille, on n'y observe qu'aux solstices d'été et d'hiver.

1 La variation de l'obliquité de l'écliptique

La question de la variation de l'obliquité de l'écliptique agissait déjà les esprits depuis quelques siècles² sans que l'on tranche véritablement sur le statut de cette « constante » fondamentale en astronomie puisque l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur (autre nom de l'obliquité de l'écliptique, qui est aussi la distance angulaire entre le pôle nord de l'écliptique et le pôle nord céleste) intervient dans de nombreux problèmes (saisons, latitudes, heures, équation du temps, etc.).

Dans les années 1714-1716, le chevalier de Louville (1671-1732) fait plusieurs communications à l'Académie royale des sciences de Paris montrant que l'obliquité diminue de 1' par siècle³. Il se base sur une analyse de dix-huit valeurs rapportées par les Anciens et notamment celle effectuée par Pythéas de Marseille au IV^e siècle av. J.-C. (que l'on connaît par Strabon)

1. Cet article est issu du séminaire qui s'est tenu le 10 avril 2018 à l'Observatoire de Paris, « Physique et astronomie aux XVII^e et XVIII^e siècles ». SYRTE, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Sorbonne Universités, UPMC Univ. Paris 06, LNE, 61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris, France, et Musée des Arts et Métiers, 60 rue Réaumur, 75003 Paris.

2. C'est le cas par exemple de Copernic qui pense que l'obliquité oscille entre 23°28' et 23°52' en 1717 années de 365 jours (*De rev*, III, 2). Voir *De revolutionibus orbium coelestium*, sous la dir. de M. Lerner, A. Segonds et J.-P. Verdet, coll. Sciences et Humanismes, Les Belles Lettres, 2015, vol. 1, p. 352.

3. Voir par exemple *HARS (Histoire Académie Royale des Sciences)*, 1716, p. 48-54 ; il s'agit d'un compte-rendu (rédigé sans doute par Fontenelle) où on lit que les autres astronomes de l'Académie pensent que l'obliquité est constante. Aucun mémoire de Louville sur l'obliquité n'a été imprimé dans les Mémoires de l'Académie, ce qui en dit long sur le dérangement que provoque l'hypothèse de Louville. On trouvera la table

et qui est la plus ancienne mesure européenne connue à l'époque, qu'il reproduit sur le site de Marseille en 1714 (fig. 1). Il se réfère également à Hérodote qui rapporte une tradition

294

ACTA ERUDITORUM
TABULA DIMINUTIONIS OBLIQUITATIS ECLIPTICÆ.

	Anni ante.Ch	Obliquitas non correctæ	Obliquitas correctæ	Anni elapsi	Differentia ab hodierna	Error observati- onum
Pytheas	360	23 49' 10"	23 49 10	2075	21' 0"	
Eratosthenes	200	23 51 20	13 51 20	1965	23' 30"	1' 18" per Excell.
Almamon	post C. 830	23 35 0	23 36 31	885	8 6	1' 24 per defect.
Albategnius	969	23 35 0	23 36 31	746	7 50	0 17 per Exc.
Arzachel	1070	23 34 0	23 34 50	645	6 26	0 1 per Exc.
Thebit benCorz	1150	23 33 30	23 34 17	550	5 53	0 3 per Exc.
Almacon	1150	23 33 30	23 34 17	550	5 53	0 3 per Excell.
Prophatius	1300	23 32 0	23 32 50	415	4 25	0 17" per Exc.
Regiomontanus	1490	23 29 13	23 29 13	225	0 49	1' 26" per defect.
Copernicus	1540	23 28 8	23 30 3	175	1 39	0 6" per defect.
Prin. Hassiz	1575	23 30 28	23 30 28	140	2 0	0 40" per defect.
Tycho Braheus	1595	23 29 25	23 29 25	120	1 1	0 11" per defect.
Iust. Byrgius	1592	23 28 55	23 28 55	123	0 31	0 44 per defect.
Hevelius	1661	23 29 7	23 29 7	54	0 43	0 17" per exc.
Flamstedius	1691	23 28 32	23 28 32	24	0 8	0 7" per defect.
Richerius	1672	23 28 54	23 28 54	44	0 30	0 4" per exc.
Blanchinus	1703	23 28 35	23 28 25	12	0 1	0 7" per defect.
per meas observat.	1715	23 28 24	23 28 24	0	0	0

NIC.

Figure 1 – Liste des auteurs anciens sur laquelle se base le chevalier de Louville pour affirmer la diminution de l'obliquité de l'écliptique. Il conclut qu'entre Pythéas (360 av. J.-C.) et ses propres mesures en 1715, l'obliquité a diminué de 23° 49' 10" à 23° 28' 24", soit 1' par siècle.

égyptienne comme quoi l'écliptique et l'équateur étaient perpendiculaires; et qu'à terme, l'équateur sera confondu avec l'écliptique.

L'attitude des astronomes de l'Académie est réservée, pour ne pas dire hostile, à cette variation dont les conséquences à terme sont catastrophiques d'un point de vue climatique. C'est le cas des astronomes La Hire, de Jean-Dominique Cassini (et en Angleterre de Flamsteed), du mécanicien céleste d'Alembert et surtout de Pierre Charles Le Monnier comme on le verra par la suite : tous pensent que l'obliquité est constante. Il faut dire qu'un astronome réputé, G.-B. Riccioli (1598-1671), qui observa longtemps à la méridienne San Petronio de Bologne, avait déjà examiné la littérature ancienne concernant l'obliquité et en avait conclu à sa parfaite

des valeurs de ce dernier dans *Acta Eruditorum*, année 1719, Leipzig, p. 281-294. Voir également l'excellente introduction générale au problème de la variation de l'obliquité de M. Chapront-Touze et J. Souchay dans Jean le Rond d'Alembert, « Précession et nutation 1749-1752 », *Oeuvres complètes*, série 1, vol. 7, éd. CNRS, Paris, 2006, p. xix-xlii. On consultera également avec profit l'excellent ouvrage de J. L. Heilbron, *Astronomie et église*, éd. Belin-Pour la Science, Paris, 2003, p. 232-238.

stabilité. Dans son *Astronomia Reformata* paru à Bologne en 1665, Riccioli publie une table contenant une trentaine de valeurs⁴ de l'obliquité, depuis la plus ancienne (celle de Pythéas) jusqu'à celle qu'il a effectué avec Grimaldi à San Petronio (fig. 2). Riccioli conclue que

Obliquitas Ecliptica, seu Declinatio Solis Maxima.					
N ^o margin.	Auctores (supranominati sub numeris marginalibus.)	Obliqu. Eclip. Gr. l. s.		Anni ante Christum.	
1	Pytheas Massiliensis	23	52	41	324
2	Hipparchus ex Strabonis relata	23	33	57	140 140
3	Sed ex Ptolemaeo	23	51	20	
3	Geminus, Proclus, Achilles Tatius rotundo numero	24	0	0	Post Christum
3	Ptolemaeus	23	51	20	140
5	Ptolemaeus aliunde	23	30	0	140
6	Pappus Alexandrinus	23	30	0	350
4	Eratosthenes fallaciter vel	23	46	0	Ante Chr. 230
7	Sed necessitati correctus	23	31	5	Anni Chr.
7	Albatennius	23	35	0	880
8	Arzachel Hispanus	23	34	0	1070
8	Almaon Almanforis	23	33	30	1140
8	Tibebit Cora filius	23	33	30	1210
8	Probatius Iudaeus	23	32	0	1300
9	Purbachius & Regiomon- tanus, sed elegit hic po- stea	23	28	0	1460
10	Bernardus Vualtherus non maiorem, nec minorem	23	30	0	1476 1498
10	Dominicus Maria Ferrar.	23	29	0	1500
10	Ioannes Vermerius	23	28	30	1500
10	Copernicus fallaciter, sed correctus	23	28	30	1525
11	Petrus Apianus, & Oratius	23	30	5	
11	Petrus Nonius	23	30	0	1530
11	Egnatius Dantes fallaciter, sed correctus	23	29	0	1555 1570
12	Christophorus Rothmannus, & Byrgius	23	30	35	
12	Ioannes Homelius correct.	23	30	20	1570
13	Tycho, sed fallaciter sed correctus, ut summū & bis	23	31	30	1570 1587
13	Keplerus	23	30	27	
14	Lansbergius fallaciter sed correctus	23	30	22	1617
14	Lansbergius fallaciter sed correctus	23	30	30	1589
15	Clavius, Galileus, Scheiner, Petrus Gassendus nō maior	23	30	40	1612
15	Nos ex Vendelino	23	31	0	1636
15	Gottfriedus Vuendelinus	23	30	6	
16	Nos cum Patre Grimaldo	23	30	24	1650
16	Vincelaud de Nona Pitzna	23	30	20	1646
17		23	30	30	1416

Figure 2 – Liste des auteurs anciens sur laquelle se base Riccioli pour affirmer que l'obliquité de l'écliptique est invariable. On notera les différences énormes avec le chevalier de Louville pour l'interprétation de la mesure de Pythéas et la valeur obtenue par Riccioli en 1646.

l'obliquité vaut $23^{\circ}30'31''$, non sans commenter minutieusement la valeur de chaque auteur⁵.

4. G.-B. Riccioli, *Astronomiae reformatae*, Bologne, 1665, p. 18-23 (chap. VI, *Obliquitatis Eclipticae Observationes*). Riccioli avait déjà traité de la stabilité historique de l'obliquité dans son *Almagestum novum*, Bologne, 1651, chap. *De Sol*, 27, p. 162. À cette époque, Riccioli prend Aristarque de Samos comme la plus ancienne référence avec $24^{\circ}0'0''$ pour obliquité.

5. Sur la valeur de l'obliquité déduite par Riccioli d'après Pythéas et sur une discussion générale de cette mesure (sur laquelle on reste très ignorant), voir la remarquable analyse effectuée par le Baron de Zach,

La réponse à ce problème de la variation sera donnée par Euler qui remporte en 1756 le prix de l'Académie des Sciences en montrant que l'obliquité contient un terme séculaire (dû principalement à l'attraction de Vénus et Jupiter sur la Terre) de $-48''$ par siècle (valeur actuelle $46''{,}8$) qui provoque sa diminution, mais que l'obliquité oscille entre deux valeurs extrêmes. Lagrange donnera en 1774 une démonstration mathématique à cette diminution séculaire, qui sera reprise également par Laplace (cf. *infra*). Cette découverte de la mécanique céleste tombe en plein dans la période où Le Monnier effectue ses mesures à la méridienne de St-Sulpice.

Quelques années auparavant, une autre découverte importante avait été faite par l'astronome royal James Bradley (1693-1762), celui-là même qui avait découvert l'aberration stellaire en 1727. Poursuivant ses observations, Bradley soupçonne dès 1737 que l'axe de rotation de la Terre est affecté d'une oscillation — la nutation —, dont le terme principal d'environ $9''$ est lié à la période de révolution des nœuds lunaires de 18,6 ans (fig. 3). Bradley

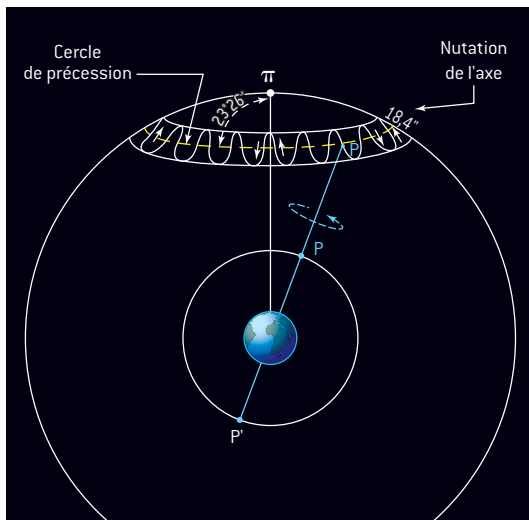


Figure 3 – L'axe de rotation de la Terre P oscille de part et d'autre d'une position moyenne en décrivant des festons : c'est la nutation, laquelle fait varier la distance entre le pôle de l'écliptique π et le pôle P (obliquité vraie).

attend une révolution complète du nœud pour publier sa découverte⁶ en 1748 ; mais étant en correspondance avec Le Monnier, ce dernier est mis au courant très tôt de l'importance de la nutation et de son impact dans l'obliquité de l'écliptique qui semble osciller. La formule suivante résume les deux principales variations de l'obliquité ϵ :

$$\epsilon = \epsilon_0 - kT + k' \cos \Omega \quad (1)$$

où ϵ_0 est l'obliquité moyenne à l'époque origine (par exemple 1700). Le terme $[kT]$ correspond à la variation séculaire de l'obliquité (T est le temps compté en siècles) et le terme $[k' \cos \Omega]$ correspond au terme principal de la nutation (Ω est la longitude du nœud ascendant de la Lune qui se déplace d'environ $-19^{\circ}354$ par an). En d'autres termes, l'obliquité est soumise à une inégalité périodique d'amplitude k' autour d'une valeur moyenne (fig. 4 page suivante).

L'attraction des montagnes, t. 2, Avignon, 1814, p. 515-542 et p. 573-578. De Zach obtient une obliquité de $23^{\circ}47'54''$ pour Pythéas, à comparer avec les $23^{\circ}49'10''$ de Louville et les $23^{\circ}52'41''$ de Riccioli.

Baron de Zach, « Gnomons, méridiennes filaires », *Correspondance astronomique, géographique, hydrographique, et statique*, 3^e vol., Gênes, 1819, p. 265-279, plus spécialement p. 275-276 sur les résultats de Le Monnier (critique).

6. J. Bradley, « A Letter to the Right honourable George Earl of Macclesfield concerning an apparent Motion observed in some of the fixed Stars », *Philosophical Transaction of the Royal Society*, n° 485, janvier 1747-48, p. 1-43.

Avec les valeurs modernes, on a aujourd'hui :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - 46''8 T + 9''2 \cos \Omega + \dots$$

$$\varepsilon_0 = 23^\circ 26' 21''.45.$$

Sur le graphique 5, on a tracé la variation de l'obliquité : à un instant donné, l'obliquité vraie, c'est-à-dire la distance angulaire entre le pôle de l'écliptique et le pôle céleste, se lit sur la courbe rouge sinusoïdale. Pour mettre en évidence la variation séculaire, donc la pente de

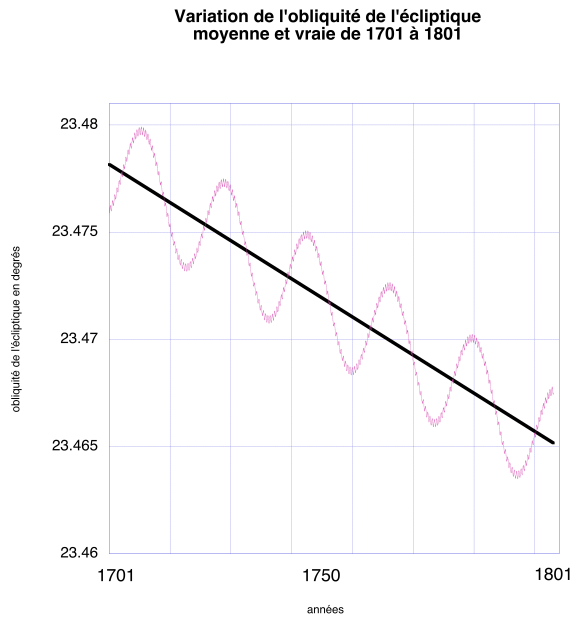


Figure 4 – Variation séculaire de l'obliquité de l'écliptique entre 1701 et 1801 : la diminution est de $47''$ en un siècle (pente de la droite en noir). À cette diminution se superpose la nutation qui oscille autour de l'obliquité moyenne. À un instant donné, l'obliquité vraie est la somme de l'obliquité moyenne et de la nutation.

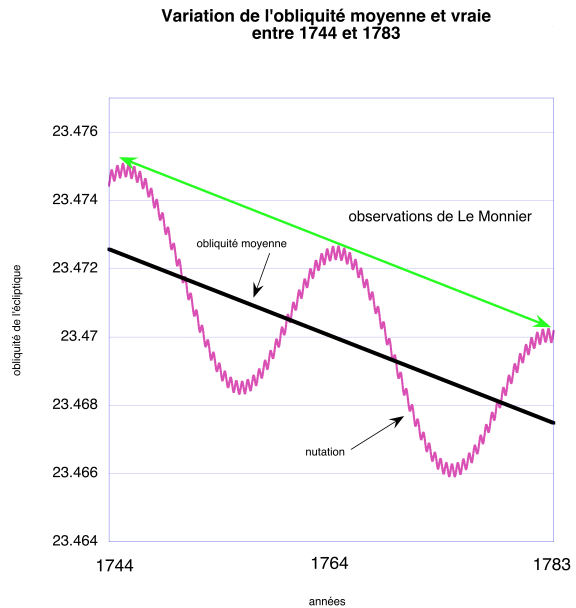


Figure 5 – Pour mettre en évidence la diminution de l'obliquité (pente de la droite en noir), Le Monnier doit mesurer avec la méridienne de S^t-Sulpice la valeur de l'obliquité entre deux sommets de la nutation (pente de la droite en vert). Entre le début de ses observations en 1744 et la fin en 1782, l'obliquité a diminué de $18''$.

la droite, il faut décorrélérer la nutation, par exemple en effectuant une mesure de l'obliquité lorsque la longitude du nœud lunaire est nulle et en attendant que le nœud ait effectué un tour complet du ciel. C'est ce que fera Pierre Charles Le Monnier qui commencera ses mesures à S^t-Sulpice à une époque où la nutation passe par un maximum ⁷ (la longitude du nœud était nulle en 1745) puis la conclura 19 ans plus tard en 1764 une première fois, et en 1782 une seconde fois. Entre ces deux dates, l'obliquité aura diminué de presque $18''$: tel était l'enjeu de la méridienne de S^t-Sulpice. On notera qu'entre deux sommets successifs de la courbe de nutation (par exemple lorsque $\Omega = 0^\circ$ et $\Omega = 180^\circ$), l'obliquité varie de $18''.4$ (fig. 6 page ci-contre).

7. Le calcul de la longitude du nœud ascendant de la Lune est basé sur les éléments de la solution ELP-2000/85, et la nutation est calculée d'après la théorie de Wahr : voir *Connaissance des Temps 1993*, Bureau des longitudes, éd. Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, p. xxxi-xxxiii et p. xxxvii. On calcule ainsi que la longitude du nœud passe par des valeurs remarquables aux dates suivantes : $\Omega = 0^\circ$ en novembre 1745 et en juin 1764 (et en février 1783); $\Omega = 270^\circ$ en juillet 1750 et en février 1769; $\Omega = 180^\circ$ en mars 1755 et en octobre 1773; $\Omega = 90^\circ$ en novembre 1759 et en juin 1778.

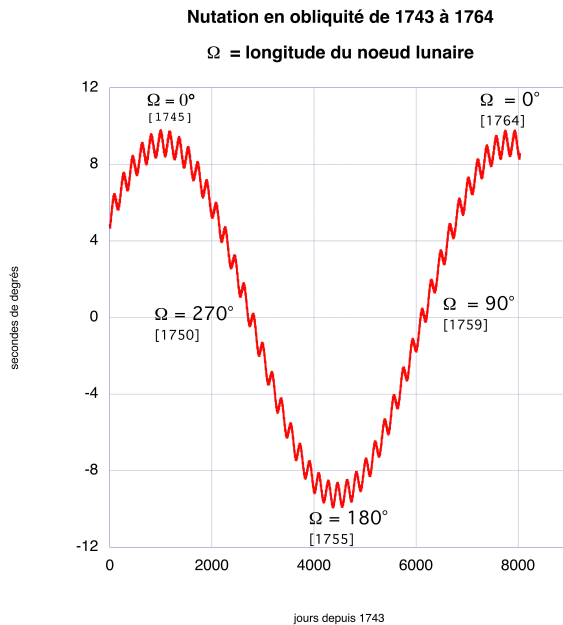


Figure 6 – En une révolution du noeud lunaire (18,6 ans), la nutation passe par des valeurs maximales qui atteignent $\pm 9''.2$ lorsque la longitude est nulle ou vaut 180° .

2 La première méridienne

C'est dans le *Mercure de France* 1728 que l'horloger anglais Henri Sully (1680-1729) décrit la méridienne qu'il a réalisée dans l'église St-Sulpice⁸. Ses caractéristiques sont les suivantes : longue de 176 pieds au sol (57,17 m), avec un œilleton placé à 75 pieds de haut (24,4 m), de diamètre 1 pouce (2,7 cm), la méridienne se prolonge sur le mur Nord (de novembre à février) sur un obélisque de 25 pieds de haut (8,1 m). La verticale de l'œilleton est scellée dans le pavement Sud ; de même l'image du Soleil au solstice d'été le 21 juin 1728 est gravée dans le sol. En raison de l'orientation générale du bâtiment, la méridienne fait un angle d'environ 11° avec l'axe du transept.

La méridienne est accompagnée de deux graduations le long de son parcours : les millièmes la distance zénithale et la « distance du zénith du tropique du Cancer » : comme cette quantité est fixe (égale à $\varphi - \varepsilon$), il faut certainement comprendre la déclinaison du Soleil. On trouve également les heures de lever et de coucher du Soleil de 5 en 5 minutes, les signes du zodiaque, la tangente (sans doute de la distance zénithale) multipliée par 10 000, la déclinaison du Soleil. Sur la ligne méridienne sont indiqués de 10 jours en 10 jours les lieux de passage du disque solaire.

Dans cet article du *Mercure de France*, Sully parle au présent d'une méridienne très sophistiquée par le nombre de ses indications, et dont la fonction, comme le souligne d'emblée son auteur, est exclusivement d'indiquer avec précision le midi solaire par l'observation de la tache : Sully est un horloger et c'est dans cette optique d'un référent horaire qu'il crée cet instrument. Sully donne d'ailleurs dans ce même article une table où il indique le temps que met la tache de lumière à franchir la méridienne en fonction de la date. Des vestiges de cette méridienne sont encore visibles à St-Sulpice, à 45 cm environ à l'Est de la méridienne de Le Monnier⁹. Il est difficile de savoir quand cette méridienne fut effacée.

8. *Mercure de France*, juillet 1728, p. 1591-1607.

9. On trouvera une description dans l'article général et qui reste le plus complet à ce jour sur cette méridienne par G. Camus, P. de Divonne, A. Gotteland, B. Taillez, « Les méridiennes de l'église Saint-Sulpice à Paris », *L'astronomie*, mai 1990, p. 195-214.

3 La méridienne de Le Monnier

Pierre Charles Le Monnier (1715-1799) débute sa carrière d'astronome en accompagnant l'expédition visant à mesurer un degré de méridien en Laponie en 1736-1737. Ses contributions à l'astronomie touchent de nombreux domaines¹⁰. Il publie en 1746 son ouvrage le plus important, *Les Institutions astronomiques*, considéré comme une référence, qui sera supplanté par ceux de son élève, Jérôme Lalande. L'ouvrage est très pompeusement dédié à Jean-Baptiste Languet de Gergy, curé de St-Sulpice, qui fut un allié de poids pour Le Monnier en l'autorisant à installer sa méridienne dans l'église. La longue introduction de 63 pages, intitulée « Essai sur l'histoire et sur le progrès de l'astronomie », s'oriente rapidement vers le problème de la variation de l'obliquité de l'écliptique : c'est un plaidoyer pour une obliquité fixe. Le Monnier reprend quelques-uns des auteurs examinés par Louville (ne perdant jamais l'occasion de le critiquer, y compris dans la méthode de ses observations et dans ses résultats) et Riccioli, ajoutant que Gassendi a montré lui aussi que l'obliquité était invariable tout comme le montrent les mesures des astronomes plus récents (Tycho Brahe, Picard, Richer, Flamsteed). Pour Le Monnier, les différentes valeurs de l'obliquité obtenues au fil du temps sont dues à des erreurs instrumentales et à la nutation (dont il connaît les grands principes en raison de sa correspondance avec Bradley, p. xlvij). Autrement dit, Le Monnier pense que la formule (1) se réduit à : $\varepsilon = \varepsilon_0 + 9''.2 \cos \Omega$.

Le Monnier décrit ensuite sa méridienne (p. xxxiv), montrant les avantages qu'elle possède grâce à sa lentille de 80 pieds (environ 26 m) de focale qui peut selon lui rivaliser avec les meilleurs quarts de cercle, en plus de sa stabilité sur une période de deux décennies pour mettre en évidence un phénomène très sensible. Par contre Le Monnier insiste longuement sur les problèmes liés à la réfraction au voisinage du solstice d'hiver¹¹ (un thème récurrent chez cet astronome) et qui peuvent altérer notablement le repérage de la tache lumineuse (p. xxxix). Le Monnier conclut son chapitre en évoquant le problème de la variation de la latitude des étoiles découvert par Halley (conséquence de la variation de l'obliquité), dont il cherche en vain la cause.

Tout ce long chapitre à charge sera ruiné moins de dix ans plus tard par Euler qui démontrera¹² non seulement la variation de l'obliquité (confirmée selon lui par les mesures des Anciens dont à nouveau celle de Pythéas) mais aussi son incidence sur la latitude écliptique des étoiles. Du coup Le Monnier va devoir admettre la formule (1) dans sa globalité :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - kT + 9''.2 \cos \Omega$$

10. Sur la carrière astronomique de Le Monnier, voir M. Chapront-Touzé, « Aspects de l'œuvre et de la vie de Pierre-Charles Le Monnier, astronome et académicien, collègue de Grandjean de Fouchy », *Revue d'Histoire des Sciences*, 2008/1, t. 61, p. 89-104. Pour une vision détaillée de son œuvre, voir l'éloge qu'en fit son élève Jérôme Lalande, « Éloge de Pierre Charles Le Monnier », *Magasin encyclopédique*, 3^e année, t. 4, 1797, p. 352-365.

11. Il est intéressant de noter que Le Monnier a utilisé une des tours de l'église Saint Sulpice pour y observer la réfraction et l'amplitude du Soleil à son coucher : « Diverses observations faites aux solstices et sur les réfractions, à Saint-Sulpice, en 1774 », *HARS*, p. 252-253, et « De l'amplitude du Soleil à son coucher observé à Saint-Sulpice », *HARS*, 1776, p. 558-560. Rappelons que la réfraction relève la hauteur du Soleil : pour obtenir la hauteur vraie, il faut soustraire la réfraction de la hauteur apparente. Des variations accidentelles de la réfraction provoquent des sursauts de la hauteur d'au moins une dizaine de secondes de degrés.

12. L. Euler, « De la variation de la latitude des étoiles fixes et de l'obliquité de l'écliptique », *Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Berlin*, 1754, p. 296-336. Dans ce long article, Euler revient sur les *Institutions astronomiques* de Le Monnier, qu'il loue dans un premier temps avant de ruiner, dans sa conclusion les affirmations.

Sa méridienne va avoir pour but de déterminer k précisément et de vérifier, si comme Louville l'affirme, on a $\varepsilon = \varepsilon_0 - 60'' T + 9''.2 \cos \Omega$. Car dans ce cas dit Le Monnier, en une révolution du noeud lunaire, k aura varié de $\approx 11''$.

Le Monnier s'adresse en 1743 au meilleur constructeur d'instrument de l'époque, Claude Langlois, pour réaliser techniquement la méridienne, qui est une bande de laiton de 40,3 m au sol qui se prolonge sur un obélisque haut de 10,72 m (fig. 7). Il est probable que la direction



Figure 7 – La méridienne de St-Sulpice vue depuis la plaque du solstice d'été. La bande de laiton s'étire au sol du Sud vers le Nord sur près de 40 m et remonte sur près de 12 m sur l'obélisque en hiver.

Nord-Sud géographique a été déterminée à la fois à l'aide d'horloges pour caler l'instant de passage au méridien (connaissant l'équation du temps) de la tache de lumière, complété par la méthode des hauteurs égales.

À la base de l'obélisque (réalisé par le décorateur G. N. Servandoni), on trouve un texte latin¹³ (en partie mutilé à la Révolution) qui laisse entendre que la méridienne a joué ou joue un rôle dans le problème de l'équinoxe lié à la date de Pâques (fig. 8 page suivante). Il n'en est rien. Il est tout à fait évident qu'en 1743, le problème de la détermination de l'équinoxe est résolu depuis plus d'un siècle et demi, avec la réforme grégorienne¹⁴ promulguée par Grégoire XIII en 1582, et qu'il n'y a aucune hésitation quant à la détermination précise de l'instant où le

13. Voir la traduction donnée dans G. Camus, P. de Divonne, A. Gotteland, B. Taillez, « Les méridiennes de l'église Saint-Sulpice à Paris », *L'astronomie*, op. cit., p. 206-207.

14. Voir G. V. Coyne, M. A. Hoskin, O. Pedersen, *Gregorian Reform of the Calendar, Proceedings of the Vatican conference to commemorate its 400 th anniversary 1582-1982*, Cité du Vatican, 1983. On trouvera un texte présentant la méridienne, de ses enjeux et de la date pascale dans « Dimensions de l'Obélisque & du



Figure 8 – Texte gravé au pied de l’obélisque, en partie mutilé à la Révolution française. Le lien entre la méridienne et la détermination de la date de Pâques est purement fictif.

Soleil franchit l’équateur céleste. Il faut voir dans ce texte gravé, qui renvoie au concile de Nicée tenu en 325 et à Clavius (un des « astronomes habiles ») une sorte de justification flatteuse à l’endroit du curé Jean-Baptiste Languet de Gergy, faisant le lien entre le lieu de culte et un instrument scientifique. La position équinoxiale de la tache est matérialisée par une plaque en cuivre elliptique sur le chœur de l’église (fig. 9 page suivante), surélevée de 36 cm par rapport au sol de l’église¹⁵. À moins que l’instant de l’équinoxe tombe précisément à l’instant où le Soleil passe au méridien de l’église St-Sulpice (longitude $2^{\circ} 20' 6''$ E = 9 m 20 s, soit 1 seconde d’écart avec le méridien de l’Observatoire de Paris), la tache de lumière équinoxiale est le plus souvent un peu au-dessus ou un peu au-dessous de la plaque, la déclinaison du Soleil variant de $1'$ par heure à ces époques. Alors que le problème du nivellement des méridiennes était un enjeu d’importance à San Petronio et à Santa Maria del Fiore à Florence¹⁶, le problème ne se pose pas à Saint Sulpice puisque les observations se font uniquement au voisinage des solstices. Ce qui explique la rupture en altitude — peu orthodoxe — qu’on observe pour la partie équinoxiale de la méridienne se prolongeant sur le chœur (la ligne de laiton étant même absente au sud de la plaque de cuivre), confirmant au passage que la marque des équinoxes est surtout présente pour le décorum.

Gnomon élevés aux extrémités de la ligne Méridienne de l’Église de S. Sulpice », *Mercur de France*, janvier 1744, p. 176-185.

15. Pour les détails techniques de la méridienne, mesurés en 1987 par un géomètre-expert, voir A. Gotteland, « Mesure de la méridienne de Le Monnier à St Sulpice », *Observations & Travaux*, 1987, p. 23-36.

16. L. Ximenes, *Del Vecchio e nuovo Gnomone Fiorentino*, Florence, 1757. Sur cette méridienne construite par Ximenes à Santa Maria del Fiore, avec un oeillet situé à 91 m de haut, voir les explications de Delambre, *Histoire de l’astronomie au XVIII^e siècle*, Paris, 1827, p. 394-406.



Figure 9 – Partie de la méridienne au voisinage des équinoxes, surélevée dans le chœur de l'église. Un ovale marque l'image du Soleil à cet instant. On notera que la bande est laiton s'arrête brutalement. Les deux arceaux en laiton qui coupent la méridienne servent de guide aux deux petites portes qui permettent d'accéder au chœur.

Dans la description que donne Le Monnier de sa méridienne¹⁷ en 1743, il explique les raisons pour lesquelles il dû installer deux oeillets (corniche extérieure portant ombre sur l'oeillon du haut), — ce qui est une première pour une méridienne —, dans le vitrail du transept Sud de l'église, vitrail qui fut opacifié pour rendre plus sombre le lieu et ainsi avoir un meilleur contraste (fig. 10 page suivante). L'oeillon le plus haut (80 pieds $\approx$ 26 m) est utilisé pour le solstice d'hiver, tandis que l'oeillon le plus bas (75 pieds $\approx$ 24,4 m) est utilisé pour le solstice d'été (fig. 11 page suivante). Le Monnier justifie également l'emploi d'une lentille pour observer la tache solaire au solstice d'été, lentille qui était habituellement rangée et calée dans son réceptacle¹⁸ ouvert seulement au voisinage du 21 juin.

Seules les extrémités de la méridienne sont graduées, bien qu'une partie de la plaque de marbre du solstice d'été ait été effacée. Cette dernière était recouverte d'une protection en cuivre (les attaches sont encore visibles) et n'était découverte que lors des observations¹⁹. Cela permettait de protéger les graduations des piétinements inévitables, qui ont depuis effacé des indications cruciales (fig. 12 page 103). Le Monnier a gravé sur cette plaque la position

17. « Sur le gnomon et l'obélisque de la méridienne de Saint Sulpice », *HARS*, 1743, p. 142-147, suivi dans le même volume de « Construction d'un obélisque à l'extrémité septentrionale de la méridienne de l'église Saint Sulpice », p. 361-366.

18. « Sur le gnomon et l'obélisque de la méridienne de Saint Sulpice », *HARS*, *op. cit.*, p. 145 : « L'objectif qui constitue cette nouvelle ouverture, & qui est d'environ 4 pouces de diamètre, est renfermé dans une boîte ou espèce de tambour qui ferme à clef, et que l'on ouvre que quand il s'agit de faire l'observation du solstice ».

19. On trouve dans la prolongation de la bande de laiton, juste au-dessus de la plaque de marbre, quatre traits de laiton perpendiculaires à la méridienne, écartés respectivement de 32 cm, 57 cm et 43 cm. Ces traits ne semblent pas correspondre à des hauteurs particulières du Soleil avant le solstice, mais à des ancrages de la méridienne dans le marbre.



Figure 10 – Vue extérieure du vitrail Sud de l'église St-Sulpice. On voit nettement sur la gauche les deux entrées qui font office d'œilleton. Une corniche située au-dessus du vitrail projette une ombre en été qui empêche la lumière de pénétrer dans l'œilleton du haut. D'où la nécessité qu'a eu Le Monnier d'installer un deuxième œilleton un peu plus bas.

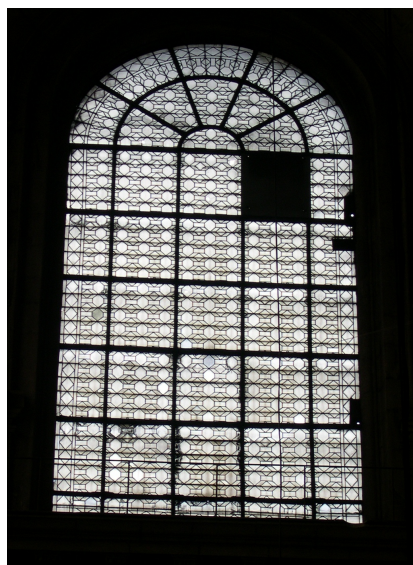


Figure 11 – Vue intérieure du vitrail Sud de l'église St-Sulpice. Les deux œilletons sont visibles sur la droite. Ils sont situés dans le plan méridien. L'œilleton du bas est actuellement trop bas.

du solstice d'été le 21 juin 1745 (qui tombait à 11 h UT) en matérialisant les bords inférieurs et supérieurs de l'image²⁰ du Soleil (fig. 13 page suivante) : « *Les termes du grand axe de l'image du Soleil, gravés sur le marbre en 1745, sont marqués par des traits noirs d'une épaisseur assez sensible pour être vus sans loupe ; ces termes ont été gravés dans la plus grande élévation du Soleil, c'est-à-dire lorsque le noeud de la Lune était dans le Bélier* ». Le Monnier a également fait graver sur le marbre²¹ : *Obliquitas eclipticae maxima 23° 28' 40"*. Le dessin de la gravure²², donné dans le mémoire de 1764, n'existe plus aujourd'hui sur le marbre.

Les graduations de l'obélisque qui matérialisent l'image du Soleil au solstice d'hiver sont elles encore visibles aujourd'hui, entourant le signe zodiacal du Capricorne (fig. 14 page 104). Il est évident que Le Monnier devait utiliser une sorte d'échelle pour repérer avec précision les bords de la tache solaire quasi-circulaire aux alentours du solstice de décembre. C'est d'ailleurs un avantage dont il faut souligner le mérite : la projection sur l'obélisque de la tache de lumière issue de l'œilleton, bien que de déplacement rapide (4 mm/s en hiver contre 2 mm/s

20. « Sur les observations solsticiales faites à Saint Sulpice », *HARS*, 1762, p. 128-131. La précision relative au « noeud de la Lune dans le Bélier », c'est-à-dire ayant une longitude nulle, signifie que le terme de la nutation en obliquité était maximale, d'où une hauteur également maximale du Soleil.

On trouvera une analyse magistrale, à la fois historique et méthodologique, du problème de la diminution de l'obliquité par J. Lalande, « Mémoire sur la diminution de l'obliquité de l'écliptique et sur les conséquences qui en résultent », *HARS*, 1780, p. 285-314.

21. Le calcul moderne donne $23^{\circ} 28' 28''.77$, soit $11''.23$ d'écart avec la valeur de Le Monnier. Au solstice d'hiver du 21 décembre 1744, la déclinaison maximale du Soleil était de $-23^{\circ} 28' 28''.08$. On notera que si h_e est la hauteur du Soleil au solstice d'été et h_h la hauteur du Soleil au solstice d'hiver, on a $2\varepsilon = h_e - h_h$.

22. « Solstices d'été observés avec le verre objectif de 80 pieds de foyer fixé dans le plan du Gnomon ou de la Méridienne, tracée dans l'église de Saint-Sulpice », *HARS*, 1762, p. 266 bis.



Figure 12 – Plaque de marbre où se projetait l'image du Soleil (ayant traversé une lentille) au solstice d'été, matérialisée par Le Monnier en 1745. Les marques ont été effacées. Les quatre poinçons encore visibles en haut et en bas servaient à fixer une plaque en laiton qui protégeait le marbre, découvert uniquement lors des mesures.

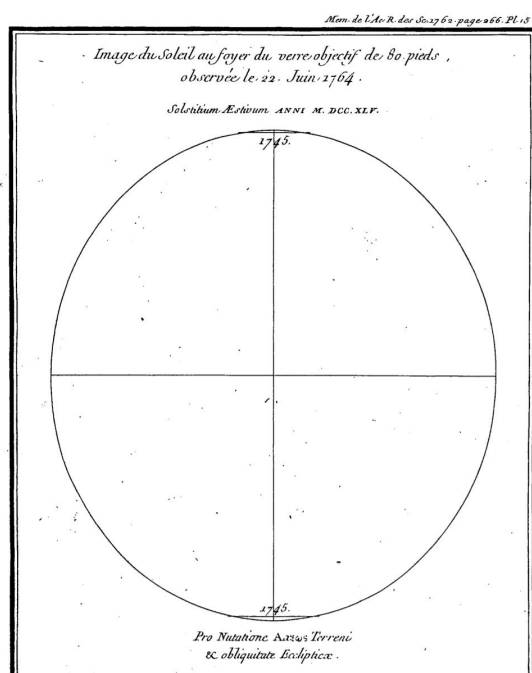


Figure 13 – Dessin de Le Monnier représentant l'image du Soleil matérialisée en 1764 : on voit aux deux extrémités de l'ellipse solaire les traits des bords inférieurs et supérieurs du Soleil gravés en 1745. Pour Le Monnier, la quasi-coïncidence des bords à 19 ans d'intervalle prouve que l'obliquité n'a pas diminué.

en été) est presque circulaire et permet de déterminer avec plus de précision les bords de la tache, contrairement aux méridiennes classiques horizontales où la tache d'hiver atteint des proportions énormes²³ (par exemple 1,84 m de grand axe à San Petronio).

Le Monnier insiste également dès 1743, et il y revient à plusieurs reprises, sur la stabilité du bâtiment, condition essentielle il l'a bien compris pour ne pas compromettre les mesures : un affaissement du portail Sud aurait des conséquences désastreuses sur la mise en évidence de la variation de l'obliquité, ce que l'astronome Lalande ne manquera pas se soulever dans un premier temps devant l'absence de résultats de la méridienne.

23. Le Monnier souligne cette particularité dès 1743, *HARS*, « Construction d'un obélisque à l'extrémité septentrionale de la méridienne de l'église Saint Sulpice », *op. cit.*, p. 364. Sur la méridienne de Bologne construite par Cassini, voir G. Paltrinieri, *La Meridiana della Basilica di San Petronio in Bologna*, 2001, p. 65-67. Cette méridienne, où l'oeilleton est placé à 27,07 m de haut, avec un diamètre de 27,07 mm, mesure 66,811 m de long (latitude 44° 29' 37"6). Sur la méridienne des Chartreux à Rome, voir A. Schiavo, *La Meridiana di S. Maria degli Angeli*, Istituto Poligrafico e Zecca Dello Stato, Libreria Dello Stato, 1993, p. 87-91.



Figure 14 – Image du Soleil au voisinage du solstice d'hiver sur l'obélisque. Au-dessus et en-dessous du symbole zodiacal du Capricorne, on voit encore nettement les graduations de Le Monnier effectuées en 1743 et 1744.

Sa méthode générale d'observation est la suivante²⁴ : « [...] *Il marqua sur le marbre avec du crayon, pendant quelques jours, devant & après le solstice, la trace des deux bords supérieur & inférieur de l'image, & calculant ensuite la déclinaison par la distance du Soleil au solstice, il en tira la position du point solsticial* ». En d'autres termes, Le Monnier fait une interpolation pour déterminer l'instant du solstice, celui-ci correspondant à la déclinaison maximale du Soleil.

Le Monnier explique qu'il a gravé le « *terme solsticial* », c'est-à-dire la position de l'image du Soleil à sa déclinaison maximale, « *en minutes et demi-minutes* », en décembre 1744 et donne le dessin de ses graduations et observations²⁵, accompagné d'un plan général de la méridienne : avec la représentation de l'image du Soleil en été, c'est le seul dessin de Le Monnier sur son instrument.

4 Les résultats obtenus avec la méridienne

Les observations de Le Monnier vont s'étaler à Saint Sulpice de 1743 à 1782. Plusieurs autres astronomes vont y faire des mesures (Lalande, Grandjean de Fouchy, La Condamine, Le Gentil, J. W. Wallot, Duvaucel, Tuillier...), qui n'ont lieu, rappelons-le, qu'au voisinage des solstices. Ce n'est donc pas du tout le même programme observationnel que celui mis en place par exemple à San Petronio, où près de 4500 observations quotidiennes de hauteurs du Soleil²⁶ vont s'étaler de 1655 à 1736 ; ou encore de celui qui se déroule non loin de Saint Sulpice, à l'Observatoire de Paris, où Jacques Cassini, qui a achevé sa méridienne en 1732,

24. « Sur la comparaison des hauteurs solsticiales d'hiver, observées en 1762 & 1764, avec celles qui ont été vues à l'Obélisque du Gnomon de St. Sulpice en 1743 & 1744 », *HARS*, 1765, p. 75-77.

25. « Comparaison des hauteurs solsticiales aux environs du tropique du Capricorne observées en 1762 & 1764, avec celles qui ont été vues à l'obélisque du Gnomon de St Sulpice en 1743 & 1744 », *HARS*, 1765, p. 432-434. La figure annoncée par Le Monnier de la graduation de l'obélisque se trouve dans « Suite des observations faites à Saint-Sulpice, au foyer du Verre objectif, qui est distant de quatre-vingt pieds », *HARS*, 1773, p. 66 bis.

26. On trouvera la somme des observations effectuées à San Petronio dans E. Manfredi, *De Gnomone Meridiano Bononiensi Ad Divi Petronii*, Bologne, 1736. On y trouve une table de réfraction d'après Cassini (p. 11), une table de la parallaxe du Soleil en fonction de la hauteur (p. 45) et des exemples clairs de réduction de hauteur apparente en hauteur vraie. Pour chaque jour, le nom de l'observateur est inscrit, ainsi que l'état du ciel, et les hauteurs (en fait la distance zénithale) des bords du Soleil.

observera pendant 25 ans les hauteurs du Soleil²⁷, sans pour autant se prononcer sur une valeur fiable de la diminution de l'obliquité.

Le raisonnement de Le Monnier pour mettre en évidence une éventuelle diminution de l'obliquité était le suivant : en fixant l'image du Soleil aux deux solstices de 1744, époques où la nutation passe par un maximum, il suffit d'attendre une révolution complète du nœud lunaire pour retomber sur la même valeur de nutation, ce qui annule cette composante. S'il n'y a pas une diminution de l'obliquité, alors l'image du Soleil en 1763 recouvrira exactement l'image de 1744 ; ou plus précisément, les bords inférieurs et supérieurs du Soleil seront à nouveau en coïncidence.

Au contraire, s'il y a une diminution de l'obliquité²⁸, l'image du Soleil au solstice d'été sera décalée vers le Nord (puisque la hauteur solsticiale sera plus petite) tandis que l'image du Soleil au solstice d'hiver sera décalée vers le bas (fig. 15 & 16 page suivante).

Dès 1762, Le Monnier publie dans l'Histoire de l'Académie Royale des Sciences (HARS) ses premiers résultats²⁹ qui sont très attendus : il fait le compte-rendu de ses observations des solstices d'été des années 1747, 1748 (observés par La Condamine et Le Gentil), 1749, 1750, 1751, 1752, 1754, 1755, 1761, 1763, 1764. Pour les observations des solstices d'hiver, on ne dispose que des comparaisons entre 1743-1744 et 1762-1764, ce qui témoigne d'une confiance moyenne dans les hauteurs d'hiver, affectées par une réfraction parfois imprévisible (fig. 17 page 107). La conclusion est la suivante : « *Il paraît donc résulter de la suite des observations, faites au gnomon de Saint-Sulpice, & communiquées par M. le Monnier, que l'obliquité de l'écliptique n'a eu d'autres variations que celles qu'y occasionnent la nutation dont nous avons parlé en 1745, & dont on trouvera les principes en ce volume dans l'Éloge de M. Bradley ; il faut donc abandonner la diminution absolue de l'écliptique, que la comparaison des observations anciennes aux modernes, semble donner de 45 secondes en un siècle, ou au moins la supposer beaucoup plus petite, puisqu'elle n'aurait produit aucune différence sensible* ».

27. Voir l'article fondamental de P. Descamp, « La ligne méridienne de l'Observatoire de Paris : une analyse des registres des observations de Cassini II de 1730 à 1755 », *Revue d'Histoire des Sciences*, t. 67, 2014/1, p. 35-70. Cassini IV publie des résultats en 1778 dans *HARS*, p. 484-504, « Mémoire sur l'obliquité de l'écliptique déterminée par les observations faites à l'Observatoire royal de Paris depuis 1739 jusqu'en 1778 », et donne un tableau à la fin où la diminution séculaire varie de 60'' à 88'' par siècle. À aucun moment il n'est question de Le Monnier et de sa méridienne.

28. Le calcul moderne montre que de 1744 à 1764, l'obliquité a diminué de $\approx 8''$. Si l'on prend comme latitude pour l'église Saint Sulpice $48^\circ 51' 3''$, on a comme hauteurs vraies à midi solaire aux solstices :

$$\begin{array}{ll} \text{été 1745 : } h = 64^\circ 37' 26'' & \text{été 1764 : } h = 64^\circ 37' 15'' \\ \text{hiver 1745 : } h = 17^\circ 40' 28'' & \text{hiver 1764 : } h = 17^\circ 40' 38'' \end{array}$$

En prenant une hauteur de l'œilleton de 75 pieds (= 2436,3 cm) pour l'été, cela représente un déplacement théorique de la tache au sol de 0,16 cm vers le Nord (l'image se forme à 1155,7 cm environ de la verticale de l'œilleton). Et en prenant une hauteur de l'œilleton de 80 pieds (= 2598,72 cm) pour l'hiver, cela représente un déplacement théorique de la tache sur l'obélisque de 0,14 cm vers le bas.

L'écart entre la variation séculaire ($\approx 8''$) et l'écart obtenu avec les différences de hauteurs ($10''$ à $11''$) est dû au fait que l'instant du solstice ne tombe pas à midi vrai, et donc que la déclinaison a varié entre l'instant du solstice (défini comme celui où la longitude écliptique apparente vaut 90° ou 270°) et l'instant de la mesure sur la méridienne.

Quant à l'effet de nutation (en une demie période du nœud ascendant de la Lune, soit $18''$ d'amplitude), il se traduit au sol par un déplacement de 0,26 cm et par 0,25 cm sur l'obélisque.

29. *HARS*, « Sur les observations solsticiales faites à Saint Sulpice », p. 128-131, et « Solstices d'été observés avec le verre objectif de 80 pieds de foyer fixé dans le plan du Gnomon ou de la Méridienne, tracée dans l'église de Saint-Sulpice », p. 263-266, et « Sur la comparaison des hauteurs solsticiales d'hiver, observées en 1762 & 1764, avec celles qui ont été vues à l'Obélisque du Gnomon de St Sulpice en 1743 & 1744 », *op. cit.*, p. 75-77.

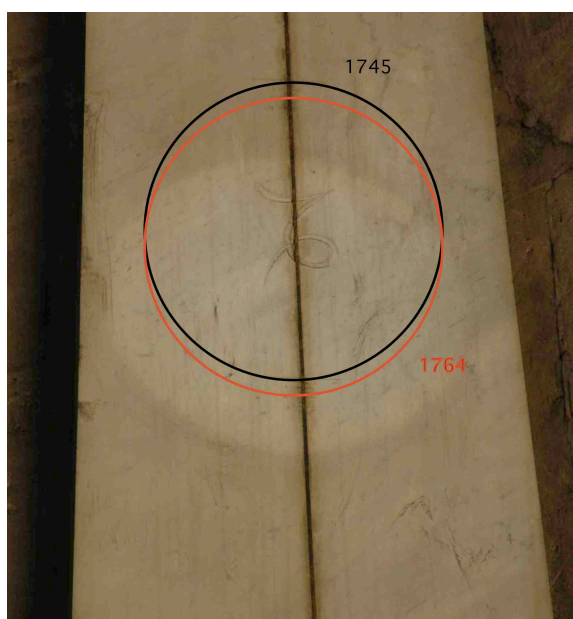


Figure 15 – Si l’obliquité de l’écliptique diminuait, Le Monnier aurait dû observer à 19 ans d’intervalle (période de la nutation) un abaissement de l’image du Soleil aux solstices d’hivers entre 1745 et 1764 (il s’agit ici d’une simulation exagérée).

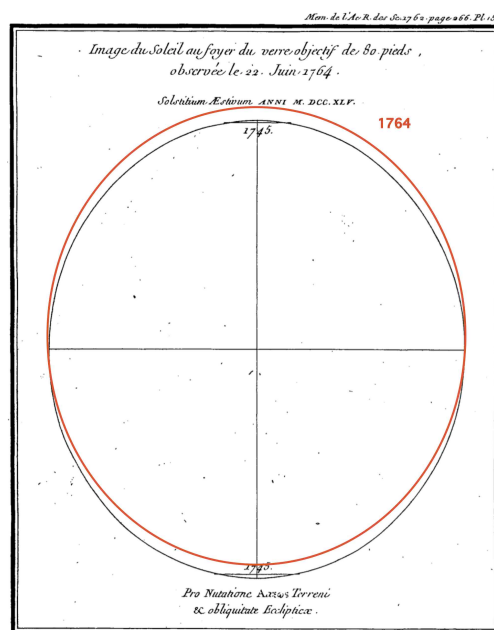


Figure 16 – Si l’obliquité de l’écliptique diminuait, Le Monnier aurait dû observer à 19 ans d’intervalle (période de la nutation) un déplacement vers le Nord de l’image du Soleil aux solstices d’étés entre 1745 et 1764 (il s’agit ici d’une simulation exagérée).

dans l’espace de dix huit ans, & il paraît effectivement que M. le Monnier inclinera à la regarder comme très petite ».

Immédiatement après ce mémoire de Le Monnier, Jérôme Lalande, convaincu lui d’une variation séculaire de l’obliquité, publie un texte³⁰ où il propose d’expliquer l’absence de résultats probants avec la méridienne par un abaissement de l’objectif de « une ligne en dix huit ans pour faire paraître constante l’obliquité de l’écliptique ». Il ajoute : « [...] je suis même étonné que le gnomon de Saint-Sulpice ne fasse pas paraître une augmentation dans l’obliquité de l’écliptique : il est difficile de concevoir qu’un mur de quatre-vingt pieds, dont le poids est immense, & qui porte une voûte terrible, ne se soit pas surbaissé ou affaissé que d’une ligne en dix-huit ans, surtout un mur presque neuf & qui n’a pas encore acquis toute sa consistance ».

Le Monnier réplique en 1765 aux doutes de Lalande sur la stabilité de l’édifice³¹, bâti lui a-t-on assuré « sur le roc » ; pour la première fois, il semble observer, mais c’est au conditionnel, une variation de l’obliquité, qu’il estime de 12'' en vingt ans. Mais deux ans plus tard, il affirme qu’il n’observe toujours pas de diminution³², y compris avec son quart-de-cercle mobile, et conclut : « D’où l’on voit, après tant de preuves accumulées, que l’obliquité de l’écliptique

30. « Mémoire sur la manière dont on peut concilier les Observations faites à Saint-Sulpice, avec la diminution connue de l’obliquité de l’Ecliptique », *HARS*, 1762, p. 267-268. Lalande trouve comme le calcul moderne une diminution de 8'' pour l’obliquité entre 1745 et 1763. Rappelons que une ligne = 2,256 mm.

31. « Comparaison des hauteurs solsticiales aux environs du tropique du Capricorne, observées en 1762 & 1764, avec celles qui ont été vues à l’obélisque du Gnomon de St. Sulpice », *HARS*, 1765, p. 432-434.

32. « Solstice d’été de 1767, observé au foyer d’une Verre objectif de 80 pieds, à l’Église de Saint-Sulpice, avec d’autres Observations du Soleil & d’Arcturus faites aux Quarts-de-cercle mobile », *HARS*, 1767, p. 417-422.

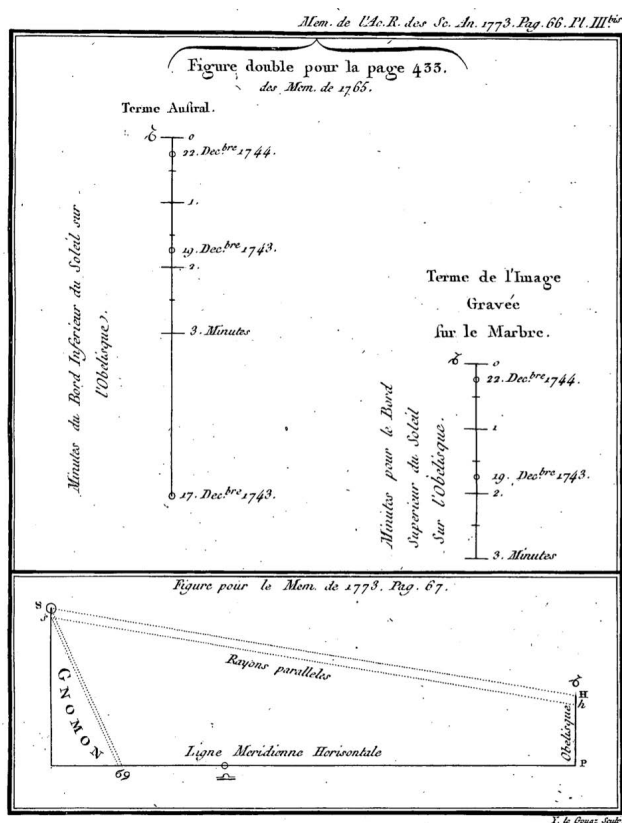


Figure 17 – Dessin de Le Monnier représentant l'image du Soleil matérialisée sur l'obélisque aux solstices d'hiver de 1743 et 1744. La confiance de Le Monnier pour les mesures aux solstices d'hivers était entachée par l'influence de la réfraction qui a tendance à relever l'image du Soleil. On trouve un autre dessin qui montre les conséquences sur l'image du Soleil d'un affaissement de l'œilleton.

n'a pas varié sensiblement pendant vingt-cinq à trente ans, ainsi que je l'avais déjà remarqué autrefois à l'occasion des hauteurs solsticiales de Mrs Picard & de la Hire ».

Nouveau compte-rendu d'observations en 1773 où Le Monnier admet une diminution de l'obliquité mais bien plus faible que la proposition de Louville; l'auteur revient à nouveau sur la stabilité de l'édifice et argumente en montrant les conséquences d'un affaissement (avec un schéma) qui ne se produit pas selon lui. Il est fort possible de cet argument lui ait été soufflé par J. W. Wallot qui va publier en 1775 un savant mémoire de gnomonique³³ sur les conséquences, dans l'observation, d'un défaut de positionnement de l'œilleton.

Enfin, en 1774, Le Monnier conclut ses observations solsticiales³⁴ d'été et d'hiver par une valeur de « 10'' à 11'' pour la diminution d'obliquité » en 30 ans, soit 33'' par siècle. Ce cours mémoire est précédé par une introduction³⁵ (sans doute du secrétaire perpétuel) qui discute de la différence entre la diminution déduite par Le Monnier (33'') et la valeur déduite par Lagrange (56'') obtenue la même année (cf. *infra*); il est évident que la confiance va au résultat de Lagrange, bien que la conclusion ménage Le Monnier en proposant de nouvelles observations à Saint Sulpice.

33. J. W. Wallot, « Méthode directe de démêler par la comparaison des observations solsticiales faites à un gnomon, l'effet de la variation de l'obliquité de l'Ecliptique d'avec celui d'un dérangement supposé dans le stile du même gnomon », *Historia et Commentationes, Acta Academiae Theodoro-Palatinae*, t. 3, Manheim, 1775, p. 319-341. L'astronome démontre qu'un affaissement de l'œilleton provoque une augmentation de l'obliquité pour les mesures faites au solstice d'été, et une diminution de l'obliquité pour les mesures faites au solstice d'hiver.

34. « Diverses observations faites aux solstices et sur les réfractions à Saint-Sulpice, en 1774 », *HARS*, 1774, p. 252-253.

35. « Observations faites au gnomon de Saint-Sulpice », *HARS*, 1774, p. 45-46.

Dans les années qui suivent, Le Monnier ne publie de nouvelles observations³⁶ qu'en 1783 où il relate ses mesures du solstice d'été 1782 ; il explique que ses mesures ne sont pas altérées par la conjonction Jupiter-Saturne qui influence, selon lui, la nutation (?). Il semble que ce soit la dernière observation sur les solstices observés à la méridienne, ce qui se conçoit puisqu'en 1783, la longitude du nœud lunaire est à nouveau nulle : il s'est écoulé 38 ans depuis 1745, soit deux révolutions du nœud.

Il faut ajouter que deux événements majeurs sont intervenus et qui expliquent que Le Monnier soit moins catégorique, et qui l'obligent, dans une certaine mesure, à justifier que sa méridienne donne enfin des résultats : le premier est la publication par Lagrange en 1774 et en 1778 de deux importants mémoires de mécanique céleste³⁷, démontrant et confirmant les découvertes d'Euler sur la diminution de l'obliquité. Lagrange estime cette diminution à 56'' par siècle (Euler 48''), l'incertitude portant sur la masse de Vénus dont le rôle dans la diminution de l'obliquité est prépondérant. Or Vénus n'ayant pas de satellite, il est très difficile d'en déduire la masse qui est l'élément fondamental pour calculer la variation séculaire. Le problème est plus simple pour Jupiter où l'utilisation d'un satellite (le quatrième) permet de déduire la masse avec suffisamment de précision³⁸.

Le deuxième événement est la publication par Lalande en 1783 (lu en 1780 à l'Académie) d'un volumineux et remarquable mémoire³⁹ sur la diminution de l'obliquité qui constitue un tournant. Lalande y affirme qu'il ne fait plus aucun doute qu'il existe une diminution séculaire de l'obliquité et il revient sur la méridienne de Saint Sulpice et sur ses résultats qu'il synthétise, abandonnant au passage son hypothèse d'un tassement du bâtiment pour expliquer l'absence de résultats en 1762. Lalande en profite pour évoquer une autre méridienne où il a observé le solstice d'été en 1765, celle de Florence, construite par L. Ximenes en 1757. Le gnomon de Santa Maria del Fiore donne une diminution de 34'' par siècle, tandis que la méridienne de San Petronio (selon Ximenes) donne 30'' par siècle. Lalande adopte une diminution de 33'' par siècle (la valeur véritable est 46''8).

C'est en 1788 que l'on trouve, semble-t-il, le dernier mémoire de Le Monnier consacré à sa méridienne⁴⁰ et à l'obliquité en général. Il y fait une confession et une proposition : « *Nous n'avons pas toujours la commodité de vérifier dans les grandes églises dont les portes sont ouvertes, & où les courants d'air nuisent à l'état naturel d'un fil vertical d'environ 75 pieds, la distance de l'image à l'égard de l'aplomb qui répond au zénith [...]. Mais il serait à désirer, puisque l'Observatoire royal est bientôt rétabli, qu'on y continuât les observations d'été &*

36. « Observations faites en 1782, au solstice d'été, au gnomon et verre objectif de Saint-Sulpice », *HARS*, 1783, p. 47-48.

37. Grange (Lagrange), « Recherches sur les équations séculaires des mouvements des nœuds, et des inclinaisons des orbites des Planètes », *HARS*, 1774, p. 97-174 (p. 169 sur l'obliquité). Lagrange, « Sur la diminution de l'obliquité de l'écliptique », Mémoire lu par Lagrange à l'Académie des Sciences de Berlin, le 26 février 1778. Ce dernier mémoire contient une discussion très intéressante sur la détermination de la masse de Vénus et Lagrange propose même qu'on utilise la diminution séculaire de l'obliquité, mesurée à partir des gnomons et de l'analyse des données historiques, pour estimer la masse de la planète. Voilà une utilisation tout à fait originale d'une méridienne !

38. Ce problème est traité par Laplace, *Traité de Mécanique Céleste*, t. III, Paris, 1802, p. 63, qui déduit la masse de Vénus de la diminution séculaire de l'obliquité de l'écliptique. Voir J. K. Fotheringham, « The mass of Venus and the obliquity of the ecliptic », *Astronomische Nachrichten*, n° 6121, 1935, p. 2-18.

39. Lalande, « Mémoire sur la diminution de l'obliquité de l'écliptique sur les conséquences qui en résultent », *HARS*, *op. cit.*. Ce mémoire magistral mériterait à lui seul une longue analyse. Lalande passe en revue toutes les observations contemporaines et anciennes, et discute des conséquences d'une modification de la masse de Vénus déduite de la diminution séculaire de l'obliquité.

40. « Nouvelles comparaisons des hauteurs solsticiales faites au quart de cercle mobile, suivies de quelques autres dont la date est moins ancienne, & qui ont été faites soit au foyer d'un verre objectif de 80 pieds, soit au plus grand des quarts de cercle muraux », *HARS*, 1788, p. 4-8.

celles d'hiver à la méridienne tracée dans la grande salle, & dont l'Académie a supporté les grands frais en l'année 1732. Il n'y manque que d'y fixer pour le solstice d'été un verre objectif de 30 à 40 pieds de foyer ». On voit bien que la confiance de Le Monnier dans les résultats de la méridienne de Saint Sulpice, est un peu ébranlée par les difficultés qu'il y a à y faire des mesures dans une atmosphère adéquate. Sa proposition de placer un objectif en verre à la place de l'ocillon de la méridienne de Cassini à l'Observatoire de Paris sera réalisée puisqu'une lentille biconvexe de 85 mm de diamètre, modulable en inclinaison, fait désormais office d'ocillon, sans que l'on sache dater en quelle année a eu lieu ce changement.

La méridienne de Saint Sulpice va alors tomber dans un certain oubli, supplantée par les quarts-de-cercle bien plus précis. Le problème de la valeur de la diminution séculaire ne sera pas pour autant résolu tout de suite. Laplace⁴¹ à son tour, s'attaque à l'examen des sources anciennes qu'il sélectionne, en discutant et corrigeant les valeurs, avec, à son avantage, des mesures chinoises remontant au XI^e siècle avant notre ère rapportées par le père Gaubil. Le mécanicien revient également sur les mesures de Pythéas, d'Eratosthène, de Ptolémée ; il prend en considération deux sources arabes, puis prend en compte des sources chinoises tardives, ainsi que les mesures d'Ulugh Begh à Samarkande. Laplace compare les onze valeurs d'obliquités choisies à celles issues des formules de sa Mécanique céleste et conclut à la diminution incontestable de l'obliquité. À aucun moment il ne prend en compte les mesures effectuées depuis le XVII^e siècle avec des méridiennes. Quant à Delambre, il adopte une valeur⁴² de 50".

L'objectif que c'était fixé Le Monnier avec sa méridienne de Saint Sulpice est donc atteint, même si le résultat est quelque peu mitigé ; l'astronome a pu mettre en évidence une diminution de l'obliquité de l'écliptique sur presque 40 ans d'observations, mais sa valeur reste inférieure à la valeur réelle de 13" : ce n'est pas si mal ! Delambre, dans son ouvrage posthume⁴³, a bien résumé la situation en 1827 : « Il y a grande apparence qu'on ne fera plus de gnomons nouveaux ; mais il faut conserver au moins les anciens ; et il n'en coûterait pas beaucoup pour les consulter tous les ans. Il paraît qu'on les néglige. Depuis longtemps on n'a rien dit de celui de Saint-Sulpice, et nous ne voyons pas qu'à Florence on ait mis une importance plus réelle au gnomon gigantesque, restauré avec tant de peines et de dépenses en 1755. Tout ce qu'on peut dire en leur faveur, c'est que, s'ils n'ont pas fait connaître la quantité précise de la diminution d'obliquité, ils ont au moins mis cette diminution hors de doute. Le Monnier, qui la contestait opiniâtrement, a été obligé de l'admettre, mais la moindre qu'il a pu. Les gnomons ont donné probablement une diminution beaucoup trop faible ; les géomètres l'ont faite probablement un peu trop forte ; les astronomes ne la croient que 45 ou 46" par siècle. Le temps seul pourra décider cette question difficile ».

En 2018, l'état de la méridienne devient très préoccupant. Il y a presque 30 ans, les auteurs d'une étude sur la méridienne insistaient déjà sur l'urgence de protéger la plaque de marbre du solstice d'été⁴⁴, piétinée par les nombreux visiteurs et paroissiens. C'est encore plus vrai aujourd'hui et la bande de laiton est par endroits abîmée comme le marbre qui la supporte. Il faudrait protéger l'ensemble avec des plaques de plexiglas souple et transparent, comme cela se fait avec la méridienne de Cassini à l'Observatoire de Paris.

41. Laplace, « Mémoire sur la diminution de l'obliquité de l'écliptique qui résulte des observations anciennes », *Connaissance des Temps pour l'an 1811*, Paris, 1809, p. 429-450.

42. Delambre, *Astronomie théorique et pratique*, Paris, 1814, t. 3, p. 185. Delambre commente à son tour les valeurs d'obliquité mesurées par les Anciens.

43. Delambre, *Histoire de l'astronomie au XVIII^e siècle*, op. cit., p. 406.

44. G. Camus, P. de Divonne, A. Gotteland, B. Taillez, « Les méridiennes de l'église Saint-Sulpice à Paris », *L'astronomie*, op. cit., p. 214.

L'œilleton du bas, qui sert théoriquement à projeter une image au solstice d'été, n'est toujours pas opérationnel (il est trop bas), de sorte qu'on ne voit aucune image vers le 21 juin. Quant aux multiples trous du vitrail, ils projettent au sol et sur l'obélisque plusieurs taches de lumière parasites qui rendent la simple lecture du midi solaire vrai impossible pour le néophyte (fig. 18).

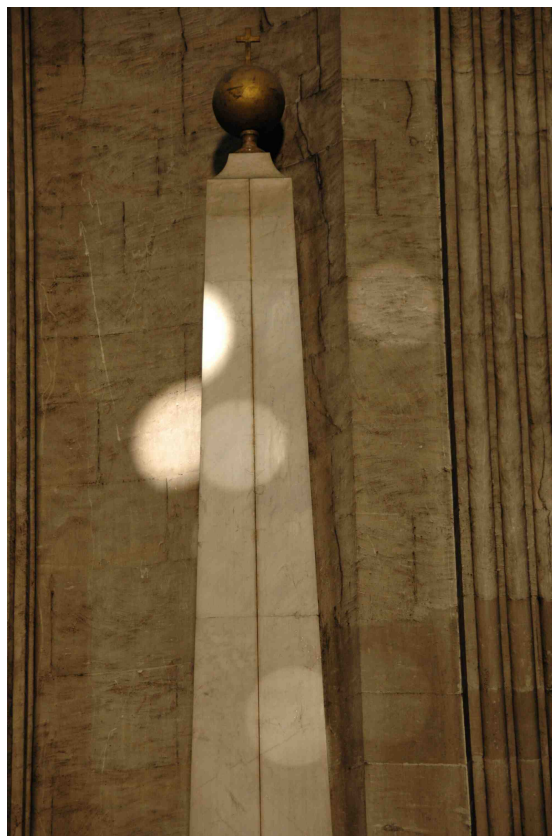


Figure 18 – Images parasites du Soleil en hiver dues aux ouvertures inappropriées dans le vitrail. À l'époque de Le Monnier, le vitrail était opaque.

De plus, cette méridienne n'est pas mise en valeur ; or c'est un instrument astronomique unique autour duquel il y a beaucoup à dire et à faire découvrir pour le public, qu'il soit adulte ou scolaire.

Il serait dommage qu'un tel patrimoine scientifique disparaisse par négligence !

