

M É M O I R E
S U R L A
D I M I N U T I O N D E L' O B L I Q U I T É
D E L' É C L I P T I Q U E,
Et sur les conséquences qui en résultent.

Par M. DE LA LANDE.

ON dispute depuis deux cents ans parmi les Astronomes, sur la diminution de l'obliquité de l'Écliptique; suivant le peu d'observations qui nous est resté des Anciens, il paroît qu'Ératosthène, deux cents ans avant Jésus-Christ, l'avoit trouvée de $23^{\text{d}} 51'$; il fut suivi en cela par Hipparque & Ptolémée. Albategnius, dans le neuvième siècle, ne trouva que $23^{\text{d}} 35'$, & il me paroît qu'il y avoit tout au plus 2 minutes d'erreur: en conséquence, il jugea que les Anciens s'étoient trompés, & que leurs observations n'étoient pas assez exactes pour pouvoir s'assurer d'un quart de degré; mais il n'imagina point que l'obliquité de l'Écliptique eût diminué. Il paroît en effet par les recherches dont je vais rendre compte, qu'il y avoit un sixième de degré de trop, dans celle d'Ératosthène; l'erreur est bien petite pour ce temps-là. Regiomontanus & Walterus, les premiers restaurateurs de l'Astronomie en Europe vers 1490, ne trouvèrent que $23^{\text{d}} 28'$, de même que Copernic vers 1525 (*lib. II, cap. 2*); celui-ci voyant une diminution graduelle dans trois époques successives, pensa que l'obliquité avoit diminué, mais qu'elle augmenteroit ensuite, & ainsi alternativement: il forma une hypothèse analogue à celles que les Astronomes avoient déjà imaginées pour d'autres phénomènes pareils (*lib. III, cap. 10*); cette hypothèse de libration alternative

Là
 le 15 Nov.
 1780.
 Remis
 en 1783.

fut adoptée avec quelques changemens, par Tycho, par Képler, par Boulliaud, & cette idée s'est trouvée confirmée de nos jours par la découverte de l'attraction.

Jérôme Fracastor, Médecin célèbre autant par sa Poésie que par ses connoissances astronomiques, donna une hypothèse sur la diminution de l'obliquité de l'Écliptique, dans son ouvrage intitulé *Homocentrica sive de stellis* (sect. 3, c. 8), & Riccioli, dans son *Almageste*, la réfute en plusieurs endroits; Fracastor dit que tout ce qui est possible, est aussi nécessaire, & que par conséquent l'Écliptique passera par toutes les positions imaginables, & échauffera toutes les parties de la Terre; & il explique par-là un passage d'Hérodote (*lib. II, n.º 142, pag. 164, édit. de H. Étienne, 1592*) où il est dit: le Soleil s'est levé quatre fois où il a coutume de se lever, savoir, deux fois cet astre s'est levé où il se couche aujourd'hui, & deux fois il s'est couché où il se lève présentement. (M. Goguet, t. III, p. 298. M. le Gentil, *Mém.* 1757, p. 180). Fracastor dit qu'il tient une partie des choses qui sont dans cet ouvrage, de J. B. Turrius (de la Tour) mort à la fleur de son âge, & qui l'avoit prié de le publier (*sect. 3, c. 8, p. 156; & préf. p. 4, éd. Genève, 1637*).

M. le Gentil, dans les Mémoires de 1757, page 182, & ensuite M. Dupuy, de l'Académie des Inscriptions, dans le tome XXIX de cette Académie, ont déjà disserté sur cette matière, & ils ont fait voir qu'en supposant le mouvement de la Terre sur son axe, & celui de l'axe dans un plan perpendiculaire à l'écliptique, après une demi-révolution, le Soleil ne paroîtroit pas pour cela se lever à l'ouest; ainsi, par-là on n'expliqueroit pas le passage dont il s'agit. En effet, quel que soit le déplacement & le renversement de l'axe de la Terre, du nord au midi, le mouvement de rotation continuera de se faire du même sens; l'Allemagne, par exemple, ira toujours avant la France, & le Soleil nous paroîtra toujours se lever du côté de l'Allemagne; à moins qu'une cause bien plus violente & plus étrange n'eût forcé la Terre à tourner en un sens différent, & n'eût

détruit son mouvement de rotation, pour lui en donner un tout opposé.

Au reste, M. Dupuy convient que le fait rapporté par Hérodote est extraordinaire & même fabuleux, mais il se borne à prouver contre M. Goguet (*t. III, p. 298*) que ce fait n'est pas inconcevable, & qu'il est une suite de l'opinion ancienne qu'avoient les Égyptiens de révolutions arrivées dans le cours des astres (*Hist. de l'Acad. des Inscrip. tome XXIX, page 96*). M. Goguet l'avoit expliqué par les miracles racontés à l'occasion de Josué & d'Ezéchias. M. de la Nauze l'expliquoit, en disant que le Soleil s'étoit levé deux fois près de la même étoile, à pareil jour de l'année Égyptienne (*Acad. des Inscrip. t. XXIX, Hist. p. 73*). Enfin M. Gibert (*Mémoires de Trévoux, Janvier 1762*) expliquoit le passage d'Hérodote, en supposant que le lever d'un Soleil est le commencement d'une période ou d'une révolution qui ramenoit le commencement de l'année lunaire avec celui de l'année solaire, au bout de deux mille huit cents trente-cinq ans, & cette période s'étoit accomplie quatre fois dans l'espace de onze mille trois cents quarante ans qu'il y avoit eu depuis Menès jusqu'à Sethon (*Astron. art. 1568*); mais M. Dupuy les réfute également (*t. XXIX, p. 106*).

Fracastor pensa que la diminution de l'obliquité de l'écliptique étoit continuelle, que l'Écliptique avoit été autrefois perpendiculaire à l'équateur, en sorte que le Soleil passoit alors par les pôles du monde, & qu'elle coïncideroit un jour avec l'équateur, pour produire sur toute la Terre un équinoxe continuél : cette hypothèse a été renouvelée de nos jours par le Chevalier de Louville, qui lui donna une certaine célébrité (*Acta erud. 1719*).

M. Godin l'adoptoit dans l'assemblée publique du 13 Novembre 1734; Whiston, dans sa Théorie de la Terre, & plusieurs autres Physiciens parlent aussi de cet équinoxe général & continuél qu'ils supposent avoir eu lieu autrefois.

Le Chevalier de Louville se servoit de cette période de l'obliquité de l'écliptique, pour expliquer cette ancienneté de

quatre cents trois mille ans d'observations que les Chaldéens se vantoient d'avoir, suivant Diodore de Sicile (*liv. II*); il pense que c'étoit la tradition du temps, où l'axe de la Terre étoit dans le plan de l'écliptique, quatre cents trois mille ans avant les conquêtes d'Alexandre (*Acta erud. 1719, p. 293, opuscula inserta, t. V, p. 626*). Mais Diodore dit quatre cents soixante-treize mille ans, & l'on concilie ces traditions, en employant des jours au lieu d'années, comme plusieurs Savans l'ont déjà remarqué. Les trois opinions que je viens de rapporter sur l'obliquité de l'écliptique, étoient également dénuées de preuves suffisantes, & elles eurent toutes les trois des sectateurs.

Gassendi rendoit compte à Wendelinus, en 1636, de l'observation qu'il venoit de faire de l'ombre solsticiale à Marseille (*Gass. opera, tom. IV, pag. 527*); il trouvoit la hauteur du Soleil plus petite de $21' 44''$, que suivant l'observation attribuée à Pithéas par Strabon; c'étoit une confirmation des observations d'Ératosthène : cependant le peu d'exactitude des Anciens lui fit plus d'impression; toutes ses réflexions avoient pour objet le peu de précision dont ces anciennes observations sont susceptibles; il considéra que depuis deux cents ans on ne trouvoit pas de différences sensibles dans les observations de l'obliquité de l'Écliptique; il voyoit, parmi les témoignages anciens, un passage de Pappus qui donne l'obliquité de l'écliptique, telle qu'on la trouvoit du temps de Gassendi, $23^d 30' 24''$; il crut qu'on pouvoit suspecter toutes les autres déterminations anciennes, à l'exemple d'Albategnius, & il rejeta toute hypothèse de diminution.

Riccioli (*Alm. I, 162, art. ref. 19*) & Flamsteed (*Hist. cel. tom. III*) ont soutenu le même système; mais Boulliaud, Wendelinus & sur-tout le Chevalier de Louville ont soutenu le sentiment opposé, & ont cru que les preuves de la diminution étoient très-suffisantes. Le Chevalier de Louville trouve cette diminution d'une minute par siècle, & il pensoit que l'obliquité iroit toujours en diminuant.

M. le Monnier

M. le Monnier qui, dès la jeunesse, a traité toutes les questions de la nouvelle Astronomie, avec autant de sagacité que d'érudition, faisoit voir en 1745, dans les *Mémoires de l'Académie*; & en 1746 dans ses *Institutions Astronom.* (pag. xxx & 381), qu'on ne pouvoit admettre une diminution de plus de 30 à 35 secondes, c'est-à-dire, moitié de celle du Chevalier de Louville; que les observations faites en Orient vers l'an 1004, donnoient 5 minutes $\frac{1}{2}$ de moins que celles des Fils de Musa, dont le Chevalier de Louville s'étoit servi; enfin, que celles de Nassir-Eddin donnoient une fort petite diminution, & que le Chevalier de Louville s'étoit trompé sur la date de ces observations (*Mémoires* 1745, page 525).

Tel est le sort de toutes les questions où les faits ne sont point assez nombreux, les témoignages assez clairs, & les mesures assez exactes; on se décide par des présomptions, mais chacun persiste dans son sentiment, quoique souvent on l'ait adopté avant que d'avoir bien examiné la force des présomptions contraires. On pouvoit alors disputer à volonté, sans jamais rien dire de décisif; mais depuis que l'attraction universelle des corps célestes a été prouvée & discutée dans toutes ses parties, on a vu distinctement qu'aucune orbite ne pouvoit être fixe, qu'une Planète ne pouvoit jamais repasser deux fois de suite par la même route, & que l'écliptique ou l'orbite de la Terre ne pouvoit pas plus que les autres orbites, avoir une situation constante; alors l'hypothèse de Copernic, sur l'obliquité de l'écliptique a été justifiée, & il n'a été question que de chercher, ou par la théorie, ou par les observations, la quantité actuelle de la variation.

M. Euler la calcula dès 1748, par l'attraction de Jupiter qui agit le plus sur le mouvement de la Terre; il trouva, par cette seule cause, 17 secondes de diminution par siècle. (*Pièce sur les inégalités de Saturne*).

La planète de Vénus, par sa proximité, doit avoir aussi une action très-sensible pour déplacer la Terre; mais la théorie nous abandonne ici, parce que Vénus n'ayant pas

de-Satellite qui forme d'indication de la force attractive de cette Planète, nous ne pouvons connoître sa densité, sa masse, & par conséquent son effet sur la Terre. M. Euler faisoit sur cette densité de Vénus, une supposition plausible (*Mém. de Berlin, 1754; Prix de 1756, p. 123, t. VIII*). Les autres Planètes que nous connoissons bien, ont d'autant plus de densité, qu'elles approchent plus du Soleil, & ces densités augmentent à-peu-près comme les racines des moyens mouvemens; on pouvoit soupçonner que celle de Vénus suivoit la même loi. Je le supposai avec M. Euler, & en rectifiant le diamètre de Vénus qu'il avoit adopté, je trouvai 88 secondes par siècle, pour la diminution de l'obliquité. Cette détermination s'accordoit avec le témoignage de Ptolémée, & c'étoit une présomption pour moi. Je l'employai de même dans la seconde édition de mon *Astronomie* qui parut en 1771.

M. de la Grange, dans un savant Mémoire qu'il a donné sur cette matière (*Mém. Acad. 1774, pag. 169*), a réduit cette quantité à 56 secondes; mais alors il étoit à portée de faire usage des grandeurs absolues des Planètes que j'avois déduites du passage de Vénus sur le Soleil, observé en 1769, & dont j'ai fait une Table qui s'imprime dans la Connoissance des Temps de chaque année: je trouve exactement le même résultat que M. de la Grange, par la méthode que j'ai expliquée dans les Mémoires de 1758 & 1761.

Mais la masse de Vénus, que j'ai déduite des passages de Vénus sur le Soleil, & dont M. de la Grange s'est servi, renferme encore la même supposition sur la densité de cette Planète. On ne peut se dissimuler que cette supposition n'est appuyée que sur une simple analogie, une espèce de conjecture; il n'y avoit donc que les observations qui pussent vérifier ou rectifier cette supposition: toutes les théories ne sauroient y suppléer.

On a dit à la vérité que le mouvement de l'apogée du Soleil ou de l'aphélie de la Terre, étant un autre effet des attractions de Jupiter & de Vénus, dont la quantité se déterminoit

par les observations, l'on pouvoit s'en servir pour connoître la masse de Vénus, & ensuite employer celle-ci, pour calculer le changement de l'Écliptique; mais le mouvement de l'apogée du Soleil est encore plus difficile à déterminer par les observations, que le déplacement de l'écliptique. En effet, la méthode qui sert à déterminer l'apogée du Soleil, consiste à chercher (*Astron. art.* 1282) le temps qu'il faut au Soleil pour arriver à son apogée, en multipliant par 15' ou $\frac{61'12''}{4'}$, ce qui manque à l'intervalle de deux observations de longitudes opposées, pour faire une demi-révolution anomalistique; & c'est ainsi que l'on a le moment du passage par l'aphélie. Or sur la distance de deux longitudes qui doivent être opposées, il y a au moins 1 minute de degré d'incertitude dans les observations du dernier siècle, ce qui fait 25 minutes de temps dont on peut se tromper sur le temps où le Soleil est arrivé à l'opposite de la première longitude. Cette quantité multipliée par 15, donne plus de 6 heures d'incertitude sur le moment du passage par l'aphélie, & par conséquent 15 minutes sur la situation dans le dernier siècle. Aussi les tables de M. Cassini diffèrent-elles de celles de M. Mayer de 4 secondes sur 15, & les différens résultats rapportés dans les élémens de M. Cassini, diffèrent tellement entr'eux, qu'il y en a où le mouvement est quatre fois plus grand que par le plus grand nombre, comme les observations d'Arzachel, & d'autres qui donnent un mouvement négatif, comme celles de Copernic. On ne trouve pas de disparates semblables dans les observations de l'obliquité de l'écliptique. Toutes indiquent une diminution, & les observations d'Ératosthène sont les seules qui donnent le double de ce que les observations modernes m'ont fait trouver; car les observations que Ptolémée dit avoir faites, ne paroissent pas devoir entrer ici en considération.

Un élément tel que le mouvement de l'apogée, où l'erreur moralement possible de chaque observation, produit plus de la moitié de la quantité que l'on cherche, & où l'on est si

peu d'accord, n'est nullement propre à en déterminer un autre, dont l'incertitude est encore moindre; nous avons pour l'obliquité de l'écliptique des déterminations qui concourent au même résultat beaucoup plus que pour l'apogée du Soleil; ainsi je ne doute pas que le meilleur moyen de déterminer la masse de Vénus ne soit la variation de l'obliquité de l'écliptique, déduite des observations; je me suis donc appliqué à chercher ce qu'on pouvoit conclure des observations les plus récentes & les plus exactes, sur la diminution de l'obliquité de l'écliptique, & j'ai reconnu qu'on ne pouvoit supposer cette diminution de plus de 30 à 35 secondes par siècle.

L'Académie m'avoit confié les instrumens de l'abbé de la Caille, sur tout un secteur de 6 pieds, avec lequel il avoit déterminé pendant plusieurs années, les hauteurs solsticiales du bord du Soleil; j'ai continué à les observer avec le même instrument, placé au même endroit, vérifié sur les mêmes étoiles, en me servant des mêmes points de la division, en sorte que je ne voyois pas qu'il fût possible de se tromper de deux ou trois secondes sur la différence entre ses hauteurs & les miennes, sur tout à cause du grand nombre des observations. Or, deux secondes ne feroient qu'un cinquième du total de ce que j'ai trouvé, ainsi la comparaison dont je parle, me paroît digne de considération: M. Dagelet, Professeur à l'École Royale-militaire, a continué de faire chaque année, les mêmes observations au Collège Mazarin, avec le même instrument, lorsque j'étois occupé ailleurs, & il en a rendu compte à l'Académie; nous n'avons trouvé successivement que deux, quatre, six secondes, dont la hauteur étoit moindre que par les observations faites vers 1756, en sorte qu'il y avoit tout au plus une diminution d'un tiers de seconde par année. En 1777, par un milieu, entre douze jours d'observations, la distance apparente du bord supérieur du Soleil au zénith du Collège Mazarin, observée & réduite au moment du solstice, en y ajoutant 3 secondes pour l'effet de la nutation, fut de $25^{\text{d}} 27' 27''$, plus grande de 7 secondes

que celle qui se déduit des solstices de 1755 ; 1756 & 1757, observés par l'abbé de la Caille, avec le même instrument; ainsi, la différence est de 7 secondes en vingt-un ans, ou un tiers de seconde par an.

En 1782, la distance solsticiale du bord supérieur du Soleil au Zénith, a été de $25^{\text{d}} 7' 0''{,}6$, il faut ajouter $8''{,}8$ pour la nutation; cette distance étoit en 1756, de $25^{\text{d}} 6' 59''{,}7$ (*Mém. 1757, page 115*); la diminution de l'obliquité, en vingt-six ans, se trouve donc de $9''{,}7$, ce qui reviendrait à 37 secondes par siècle.

Ce furent les observations de 1777 qui me forcèrent d'examiner de nouveau cette question, & de revenir sur le parti que j'avois adopté dans mon *Astronomie*, sur-tout en voyant ce que M. le Monnier venoit de publier dans les Mémoires de l'Académie, pour 1774, page 253. En effet, la belle Méridienne de Saint-Sulpice, que M. le Monnier construisit en 1743, où il y a un objectif de quatre-vingts pieds de foyer, & où j'ai moi-même observé les solstices d'été il y a trente ans, donne à peu-près la même chose que mes observations faites au collège Mazarin, du moins, suivant le dernier résultat que M. le Monnier a publié : il a estimé, par la comparaison de deux solstices de 1774, que les bords du Soleil étoient de 10 à 11 secondes des lignes qui avoient été gravées en 1745, cela fait un tiers de seconde par an. Il est vrai, que c'est en supposant que les réfractions d'hiver sont les mêmes, & les parties du gnomon invariables; mais cette supposition acquiert un grand degré de vraisemblance par les résultats suivans; d'ailleurs, M. le Monnier a discuté, autant qu'il étoit possible, cette inégalité des réfractions.

En 1763, il n'y avoit encore que dix-huit ans d'observations faites à la Méridienne de Saint Sulpice, & l'on avoit peine à y distinguer une diminution sensible; cependant, la plupart des Astronomes étoient alors persuadés qu'il auroit dû y avoir 10 ou 12 secondes de différence. Ce fut dans ces circonstances que je proposai à l'Académie une hypothèse qui pouvoit tout concilier, c'étoit le tassement du mur de

l'église (*Mém.* 1763, page 267); mais aujourd'hui nous avons dix-huit années de plus, & en y ajoutant les observations du solstice d'hiver, on voit enfin que la Méridienne de Saint-Sulpice donne à peu-près le même résultat que les autres observations, qui me paroissent les plus sûres; ainsi, l'on n'a plus besoin de recourir à la supposition d'un affaïssement dans le mur de l'église: on ne peut pas dire cependant que ce soit une contradiction de ma part: je n'ai jamais rejeté les observations de M. le Monnier, mais je voulois les concilier avec celles des autres Astronomes: aujourd'hui elles se concilient d'elles-mêmes, au moyen d'une nouvelle suite d'observations, faites à la même Méridienne, au moyen de celles que j'ai continué de faire avec les instrumens de la Caille, enfin, de celles de Florence; elles m'ont fait abandonner les observations d'Ératosthène & la masse de Vénus, établie sur une forte analogie, qui donnoient une diminution plus considérable dans l'obliquité de l'Écliptique. Ces observations m'ont fait voir que M. le Monnier trouve sensiblement la même chose que nous; il est vrai, qu'avec son grand mural de Bird, M. le Monnier n'a pas trouvé de 1756 à 1780 une différence sensible; mais M. Maskelyne m'écrit, qu'avec celui de Gréenwich on a trouvé une demi-seconde par an; ainsi, le milieu entre les résultats de ces deux muraux, est encore à peu-près d'accord avec mon résultat.

M. l'abbé Ximenès, qui rétablit en 1757 la plus grande Méridienne qu'on eût jamais faite, celle de Florence, dont le gnomon a deux cents soixante-dix-sept pieds de haut, & où j'observai moi-même, avec lui, le solstice de 1765, trouva par ses premières observations, comparées à celles de 1510, une diminution de 31 secondes par siècle, suivant un Mémoire qu'il m'envoya en 1757, ou 29", suivant son livre *Del vecchio e nuovo gnomone*, 1757, page 180: dans la Dissertation qu'il a publiée à ce sujet en 1776, il trouvoit 34 secondes; enfin, dans une lettre du 8 Octobre 1782, il m'écrit qu'il trouve l'obliquité de l'Écliptique de $23^{\circ}28'18''$, à peu-près comme moi, pour 1782, en supposant la latitude

de Florence $43^d 46' 47''$. A l'égard de la variation séculaire il la trouve encore de 34 secondes, par la comparaison de ses observations, faites depuis 1756 jusqu'en 1782 : ces mêmes observations lui ont fait trouver la nutation de 19 secondes, au lieu de 18, que Bradley avoit trouvées; la différence est légère, & cela prouve que cet immense gnomon de Florence n'a pas éprouvé de déplacement ni d'altération sensible. M. Ximenès se propose de donner dans les Mémoires de Vérone, le détail de ces observations. Les observations faites à la grande Méridienne de Bologne, donnent 30 secondes; suivant l'examen qu'en fait M. Ximenès, à la page 186 de l'Ouvrage que j'ai cité.

Les observations du Chevalier de Louville qui s'occupoit avec tant de soin de l'obliquité de l'écliptique en 1716, & qui trouvoit $23^d 28' 31''$ (*Mém. 1716, page 48*), donnent 35 secondes par siècle, lorsqu'on les compare avec l'obliquité de 1750, supposée de $23^d 28' 18''$, comme on le verra bientôt.

Celles de Flamsteed, qu'il fit & discuta soigneusement dans le dernier siècle, donnent 39 secondes.

Celles de Romer, en 1706, donnent 36 secondes.

Celles de Bianchini, en 1703, donnent 42 secondes.

M. le Monnier ayant observé la hauteur du bord supérieur du Soleil, avec le même quart-de-cercle que Picard, a trouvé 16 secondes de diminution en soixante-quatre ans, ou 25 secondes par siècle (*Mém. 1767, page 422*).

Les observations que Richer fit en 1672, dans son fameux voyage de Cayenne, avec un grand instrument & un grand soin, donnent 33 secondes par siècle, comparées avec l'obliquité de 1750. J'examinerai ci-après leur comparaison avec celles de Bouguer.

Les observations que Mouton fit à Lyon, depuis 1659 jusqu'en 1663, avec un quart-de-cercle de sept pieds & demi, que M. le Gentil a comparées avec les siennes (*Voyage aux Indes, tome I, page 464. Mémoires 1757, page 189*) lui donnent 32 ou 34 secondes; & l'on peut juger de l'exactitude

des observations de Mouton, par la précision avec laquelle il avoit déterminé la latitude de Lyon: il la trouva la même pendant quatre ans, à deux secondes près, & elle fut vérifiée par Picard en 1674 (*Voyage d'Uranibourg, page 46*).

Les observations de la Hire, en 1681, donnent 59 secondes, mais M. le Monnier a déjà fait voir que le quart-de-cercle de la Hire étoit défectueux (*Mémoires 1738*).

Les observations d'Hévélius donnent pour l'obliquité moyenne, en 1660, $23^{\text{d}} 29' 0''$, ce qui fait une diminution séculaire de 46 secondes; on trouve un peu plus, en employant les solstices d'hiver, mais ils s'accordent moins bien entr'eux.

Plusieurs solstices observés par Tycho-Brahé, donnent pour 1590, $23^{\text{d}} 29' 26''$, par un milieu, en rejetant ceux qui s'écartent beaucoup des autres; la variation qui en résulte, est de 34 secondes par siècle.

Les observations de Walterus, en 1495, donnent de 29 à 34 secondes (*Mém. 1749, page 50; & 1757, page 114*); ce sont les plus anciennes que nous trouvions en Europe, nous allons parler de celles des Orientaux.

Les observations des Arabes sont également favorables à la diminution que je viens d'établir: Edward Bernard, dans les *Transactions* de 1684 (*Abrégé, tome I, page 261*) rapporte plusieurs témoignages tirés de différens auteurs Arabes, qui prouvent, pour la plupart, une diminution dans l'obliquité de l'écliptique; mais comme plusieurs donnent une diminution très-petite, Bernard croyoit pouvoir en conclure que l'obliquité étoit constante; cependant on va voir par les différens passages qu'il rapporte, que sa conclusion ne sauroit être admise.

Voici le texte même de Bernard,

Almamon princeps, an. Christi 825, Hegiræ 210, $23^{\text{d}} 37'$, Grav. p. 44, ex *Ebn-Shatir Damasceno*, mss. Seld. adfidentibus ei plurimis Astronomis. Ita etiam refert *Abenesdras*, mss. lat. in Archivis *Digbeanis*. Insuper Astronomus incertus in Arch. Seld. affirmat *Jahia Ebn Abimansur* cum multis alijs Philosophis, tempore *Almamonis* obliquitatem experimento (avec le Biltilesch du Hithan) deprehendisse, $23^{\text{d}} 35'$.

Idem

Idem tradit de observatis *Almamonis* doctissimus *al Noddam*, in Commentariis suis ad *Astronomica Hosein Nisaburiensis*; imo addit ille eodem ævo sæpius observasse *Beni Musa* modum eundem $23^{\text{d}} 35'$; *Bagdadi* in campis, inss. arab. coll. S. Joan. Oxon. Hunc etiam placuisse plerisque sequentium Astronomorum. Sanè in eo quiescit *Alferganus*, Astron. suæ c. 5.

Ces observations d'Almamon donnent une diminution d'environ $44''$ par siècle, ou $50''$ s'il a employé $1'$ de parallaxe.

Mohammed Ebn-Gaber al Batanius, (*al Bategnius*) Raccæ; Ricciolo, ann. D. 880. Savilio, 890. Gravio, p. 44, 882. Hegiræ, 269. Obiit ille Hegiræ 317, ann. D. 929. *Abolfaragi*, Hist. pag. 191; $23^{\text{d}} 35' 0''$.

Al Batanius hâc in re suas determinaciones preferre non dubitat Ptolemei dictis, c. 4, aitque se adjutum longissimâ *Alhidadâ*, seu regulâ parallacticâ ad formam Ptolemaicarum cum curâ & assiduitate reperisse, apud Raccam, tropicorum distantiam, $47^{\text{d}} 10'$ (hoc est $59^{\text{d}} 36'$, minùs $12^{\text{d}} 26'$) atque adeo latitudinem Raccæ, 35^{d} , quam tamen *Uloebegus*, statuit $36^{\text{d}} 10'$. *Schickardus* apud Curtium (pag. 33) & Ricciolus, 36^{d} .

Suivant les observations d'Albategnius, on auroit la diminution de 47 secondes par siècle.

Thabet ebn-corra (Ricciolo, ann. D. 1210. Rectius 901. Hegiræ, 289) reperit obliquitatem $23^{\text{d}} 33' 30''$.

Abul Hosein ebn-Suphi, $35' 0''$.

Abul-Waffi, Al Buziani & Abn-Hamed Saganienfis, vir ingeniosissimus (ann. D. 987, Heg. 377). Bagdadi repperunt obliquit. tantum non $35''$.

Ita & auctor quinque Hedjhel, Persa, in arch. feld. $35'$.

Tabulæ itidem persicæ Chryfococcæ, $35'$.

Al Batrunius Abul Rihan, (ann. D. 995, Hegiræ 385. Abolfaragius, hunc ponit ad Hegiræ 463. Seu ann. D. 1070), usus quadrante cui radius XV cubitorum, Grav. p. 44, ex Cod. arab. Birunii, $35'$.

Verùm abu Jaafer Alehazan, cum socio suo Abufadlo Harwanensi apud Edeffam, & istius ævi alii ann. D. 970, observârunt obliquitatem, ad $23^{\text{d}} 35'$ planè non accessisse, sed paulò fuisse minorem.

Almæon F. Almanforis (ann. D. 1140, Ricc.) $33' 30''$, at ille Clavio & Mæstlino, $33'$.

Mém. 1780.

P p

298 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE

Ismaël Abulfeda, princeps Hamæ, ann. D. 1311. Hegiræ 711, in Tabulis suis, mss. Arab. coll. S. Joan. retinet fortè ob Almamonis, auctoritatem, $35^{\circ} 0''$.

Prophatius judæus (ann. D. 1300, Ricc. 1303. Mæstlino apud Curtium, p. 40, 230 annis post Arzachelem, inquit Copernicus) & Ricciolo & mss. coll. Merton. $32^{\circ} 0''$.

Abū Mahmud al Chogandi, ann. D. 992, Hegiræ 382, tempore Fecroddaulæ, sextante cujus radius erat cubitorum XL, limbusque in minutâ secundâ distinctus, invenerat obliquitatem minorem quam unquam captaverat aliquis majorum suorum, nimirum, $32^{\circ} 21''$.

Hinc Noddamus Astronomus adfirmat, (mss. coll. Joan.) Solis declinationem maximam vix unquam minorem fuisse repertam, $23^{\circ} 33'$.

Cette observation, faite à ce qu'il paroît avec soin, donne 32 secondes pour la diminution séculaire.

Arzachel Hispanus (Gravio, p. 44, ann. D. 1089, Hegiræ 482, Ricciolo 1070, mæstlino apud Curtium, pag. 35, 1075. Copernico, l. III, c. 6, annis 190, post al Batanium), proposuit obliquitatem, $23^{\circ} 33' 30''$. Ita mss. coll. Mert. Oxon. ubi dicitur differentia $17' 30''$, intercedere inter obliquitates Ptolemæi & Arzachelis.

Apud Maragam nobilissimus Persa Chojah Nasiroddinus Tufenis, ann. D. 1269, Hegiræ 668 (at Gravio, p. 44, 1261, Hegiræ 660) accuratissimè observavit obliquitatem $23^{\circ} 30' 0''$.

La diminution séculaire qui en résulte n'est que 21 secondes.

Hæc est minima ex maximis Solis declinationibus quæ ad hunc usque diem reperta fuit, ait doctiss. commentator ad Astronomica Hosein Nisaburiensis.

Ebn Shatir Damascenus, mss. Seld. ann. D. 1363, ait se emendasse obliquitatem, non neglectâ Solis parallaxi, quæ horizontalis capta est $2^{\circ} 59''$, huic Solis max. declinat. $23^{\circ} 31' 0''$.

Olocbegus princeps, ann. D. 1437, Hegiræ 841, cum Aly Cushgio, aliisque Astronomis, usus summâ curâ, & maximis instrumentis (vide Gravium, p. 44), reperit obliquitatem $23^{\circ} 30' 17''$, ita mss. coll. D. Joan. & Bibliothecæ Savilianæ, nam mss. seld. exhibet $23^{\circ} 30' 27''$.

Cette observation donne 40 secondes par siècle.

Rabbi Moyse Ben maimon, Judæorum doctissimus, ait in Jad. de consecratione Calendarum, C. ult. s. 4, maximam zodiaci obliquitatem fuisse, ann. D. 1174, $23^{\circ} 30'$, quàm proximè.

On ne voit pas si c'est ici une observation différente de

celles qui précèdent, mais elle ne donneroit pour la diminution séculaire que 18 secondes.

Edward Bernard, dans le Mémoire dont je viens de rapporter un extrait, ajoute qu'il n'a pas consulté la moitié des Astronomes Orientaux, dont les écrits sont à la Bibliothèque de l'Université d'Oxford; mais par ces observations que nous venons de citer, & d'autres qu'il conservoit encore, il soupçonnoit que l'obliquité de l'écliptique avoit toujours été la même; c'étoit probablement à cause de la grande différence qu'il apercevoit entre les observations des anciens & celles du moyen âge; il regardoit celles-ci comme des observations faites avec de meilleurs instrumens, & qui avoient corrigé l'erreur en excès, commis par les plus anciens Astronomes; d'ailleurs, il voyoit l'accord de la plupart des observations des Arabes, plus grand qu'il n'auroit dû l'être, si les observations anciennes eussent été exactes; il se détermina donc à rejeter les anciennes.

Mais les observations faites depuis quelques années, ne permettent pas d'adopter le soupçon de Bernard, & celles qu'il rapporte lui-même, résistent à la conséquence qu'il vouloit en tirer: M. le Monnier avoit déjà remarqué que les observations d'Ulug-beigh, faites en 1437, donnent 37 secondes $\frac{3}{4}$ (*Inst. ast. p. 380*); celles de Abu-Mahmud al Chogandi, donnent 32 secondes; d'autres donnent un peu plus ou un peu moins, comme je l'ai remarqué; mais en général on peut dire que les observations arabes s'accordent avec celles des deux derniers siècles, pour établir la diminution d'environ un tiers de seconde par année.

Les observations de la Chine s'accordent presque à donner le même résultat; celles Cocheou-King, dans le treizième siècle, donnent 47 secondes (*Mém. de l'Académie 1757*); mais étant moins éloignées, sans être probablement plus exactes, elles ne doivent pas balancer les observations plus anciennes de la Chine, où l'on voit qu'environ cent six ans avant Jésus-Christ, on admettoit l'obliquité de $23^{\text{d}}39'18''$, suivant le P. Gaubil (*tome II, page 114*). Celles-ci

donnent 26 secondes, ce qui s'éloigne peu du résultat que j'ai trouvé, & elles peuvent bien balancer celles d'Ératosthène, qui donnent au moins 70 secondes de diminution: on voit dans l'Histoire de l'Académie pour 1743, que toutes les observations anciennes de la Chine, tendent à prouver une diminution, mais les détails n'en ont point été publiés.

De plus, la déclinaison de 24 degrés chinois que les Astronomes de la Chine supposoient vers l'an 106 avant Jésus-Christ, n'étoit pas le résultat de leurs observations, comme le remarque le P. Gaubil, dans un manuscrit postérieur à son histoire de l'Astronomie chinoise qui est imprimée; ils supposoient fort ancienne cette déclinaison du Soleil aux solstices, & la donnoient comme un vestige de l'ancienne Astronomie; d'où je conclus que la diminution de l'obliquité jusqu'à nous, est plutôt au-dessous qu'au-dessus de la quantité que je viens d'en déduire.

La diminution de l'obliquité de l'écliptique, dont je viens de rapporter un si grand nombre de preuves, a été reconnue par la plupart des Astronomes modernes. M. Cassini de Thury (*Mémoires de 1755, page 203*) se contentoit de conclure qu'il y avoit une diminution réelle, sans en assigner la quantité; dans les *Mémoires de 1759, page 328*, il rapporte des observations dont le milieu ne donne pas de changement sensible. Mais en comparant les plus anciennes observations de M. de Thury, faites en 1740, avec les dernières que j'ai faites, je trouve 35 secondes par siècle: en effet, les observations de M. de Thury en 1740, donnent la hauteur solsticielle du bord du Soleil, $25^{\circ} 5' 34''$, observée avec un secteur de six pieds; l'observation de 1777 donne $25^{\circ} 5' 52''$, ce qui fait 18 secondes en trente-sept ans, ou 49 secondes par siècle; il est vrai que ce sont deux instrumens différens, & il paroît que le sextant dont je me sers, donnoit à l'abbé de la Caille 5 secondes de plus que le secteur de M. de Thury, dans le temps que l'abbé de la Caille les avoit tous les deux (*Mémoires de l'Académie 1757, page 115*), en sorte qu'il en résulte 35 secondes par siècle, en comparant les observations

de M. de Thury, faites il y a quarante ans, avec les miennes rapportées au même instrument. *

Je n'ai pu comparer les hauteurs prises au nouveau quart-de-cercle de six pieds (*Mémoires 1748, page 260*), parce qu'on n'y voit pas quelle étoit l'erreur de la lunette; mais on verra ci-après, qu'en ce temps-là le quart-de-cercle de six pieds, donnoit la même obliquité que le sextant de l'abbé de la Caille (*voyez page 306*).

M. le comte de Cassini fils, lut à l'Académie, en 1778, un Mémoire, dans lequel il rapporte les solstices observés depuis quarante ans à l'Observatoire royal, & en conclut la diminution de 63 secondes $\frac{1}{2}$ par siècle, & l'obliquité apparente pour 1782, $23^{\text{d}} 28' 2''$; mais comme cette quantité est plus petite que les autres Astronomes ne l'ont trouvée, il a déclaré qu'ayant quelques soupçons sur la division de l'instrument, il attendoit, pour prononcer définitivement, qu'il eût fait de nouvelles vérifications (*Connoissance des Temps, 1781, page 426; 1782, page 185*), ainsi à son exemple, je suspendrai mon jugement: d'ailleurs, les anciens instrumens de l'Observatoire, sont ceux avec lesquels M. Cassini de Thury son père, trouvoit que la hauteur du pôle de l'Observatoire sembloit diminuer (*Mém. 1748, page 268*), d'où il semble résulter que probablement l'état des instrumens a changé.

En 1782, on a trouvé $64^{\text{d}} 54' 1''$, pour la hauteur solsticiale apparente du bord supérieur du Soleil, suivant l'observation que M. le comte de Cassini m'a communiquée le 31 Juillet 1782, faite à l'Observatoire royal avec le quart-de-cercle mobile de six pieds de rayon, bien vérifié, en prenant un milieu entre les deux lunettes dont les résultats diffèrent de $1'', 5$, & ayant égard à 3 secondes d'erreur qu'on a trouvées dans le point où bat le fil-à-plomb, quand on se sert de la lunette horizontale. Il faut en ôter $1' 15''$, pour réduire cette hauteur au collège Mazarin, & l'on aura $64^{\text{d}} 52' 46''$, c'est 13 secondes de moins que je n'ai trouvé avec l'instrument de la Caille, qui donne $64^{\text{d}} 52' 59''$: en 1778, je trouvai la même différence de 13 secondes entre les deux observations,

voilà pourquoi l'obliquité de l'écliptique, insérée dans la *Connoissance des Temps*, est plus grande que la mienne à peu-près de cette quantité; en 1750, la différence étoit moindre entre ces deux instrumens.

Perfuadé que mon instrument n'a pas changé de forme, je suis tenté de croire que celui de l'Observatoire, qui est extrêmement pesant, a changé, & qu'il se déforme quand il est sur son pied; cependant, M. de Thury m'assure que la différence des hauteurs méridiennes d'*Antarès* & de la *Lyre*, s'est trouvée à peu-près la même sur ce quart-de-cercle de six pieds; que sur le grand mural de Bird que M. Bergeret a confié à M. Dagelet, & qui est un des plus parfaits de ce célèbre Artiste; ce mural a donné, entre les solstices de Décembre 1782 & Juin 1783, l'obliquité de l'écliptique plus grande que suivant M. de Cassini, de 4 secondes seulement, & M. Cagnoli, avec un excellent quart-de-cercle de 3 pieds, a trouvé la même que suivant M. de Cassini.

Mais tandis que les comparaisons de M. de Cassini le fils, donnent une diminution d'une minute par siècle dans l'obliquité de l'écliptique, & qu'il y a plusieurs observations qui semblent indiquer une diminution encore plus considérable que 33 secondes; enfin, tandis que M. de Cassini se plaint de ce que mon résultat est trop foible, M. le Monnier fait une objection toute différente, & qui tend à prouver que mon résultat est trop fort (*Mémoires* 1771, page 96. *Astronomie nautique lunaire* 1771, p. 22). Les observations de Richer, faites à Cayenne en 1672, donnent pour l'obliquité moyenne, $23^{\text{d}} 28' 42''$; & celles de Bouguer, la Condamine & Godin, faites à Quito en 1737, donnent $23^{\text{d}} 28' 41''$, en employant les réfractions de Bouguer dans la Zone torride (*Mémoires* 1739, page 421), & les diamètres du Soleil, tels que je les ai déterminés. On peut voir les détails de cette observation dans Bouguer, *Figure de la Terre*, page 257; & dans une brochure intitulée: *A relation of the observation made at Quito*, qui fut imprimée en Angleterre par les soins de Halley, à qui Bouguer avoit envoyé les observations. Il n'y auroit donc

en soixante-cinq ans, aucune diminution; cependant les observations faites dans la Zone torride, étant moins exposées à l'inconstance des réfractions, méritent plus de confiance que les autres; aux environs de l'Équateur, les deux tropiques étant à la même distance du Zénith, on n'a qu'une seule réfraction; on n'a aussi qu'une seule vérification à faire de la division, & une seule erreur à craindre pour cet objet; ces observations semblent donc mériter la préférence.

Telle est l'objection à laquelle je dois répondre spécialement, en faisant voir à quoi me paroît tenir la différence entre ce résultat & celui que j'ai cru être obligé d'adopter; car il ne s'agit pas simplement de prouver qu'il y a une diminution réelle dans l'obliquité de l'écliptique; la théorie & toutes les observations sont d'accord à cet égard; la comparaison des deux observations de Richer & Bouguer, est la seule qui ne donne aucune diminution, tandis qu'il y en a beaucoup qui donnent plus de 33 secondes; on n'est pas tenté de s'en tenir à une seule détermination, quand elle est contraire à toutes les autres, & de les rejeter toutes, pour choisir celle qui s'en écarte le plus; aussi cela n'a point empêché M. le Monnier lui-même, dans l'endroit cité, de convenir qu'il se trouve *assurément* une diminution dans l'obliquité de l'écliptique: mais l'obliquité résultante des observations de Richer, est la plus petite de celles qu'on a données dans le dernier siècle; & celle de Bouguer & la Condamine, la plus grande qu'on ait observée dans ce siècle-ci; ce sont les extrêmes, il faut par conséquent éviter de les réunir pour en tirer des conséquences.

L'observation du Pérou, qui donne $23^{\text{d}} 28' 28''$ pour le mois de Mars 1737, étant réduite à la moyenne pour 1750, donne $23^{\text{d}} 28' 33''$, c'est 15 secondes de plus que suivant Bradley, Mayer, la Caille & M. le Gentil; 24 secondes de plus que suivant M. de Thury (*Mémoires* 1755, page 203); 20 secondes de plus que par les observations de M. Slop, à Pise; c'est même 6 secondes de plus que par les observations extrêmes, ou qui ont paru donner le plus, comme

les premières du P. Ximenès à Florence, ou de M. de Thury en 1740 (*Mémoires 1741, pages 121 & 147*), en réduisant tout à 1750.

M. le Monnier ayant discuté cette question, soit dans les *Mémoires de l'Académie* pour 1745, page 523, soit dans la préface de ses *Institutions astronomiques*, fit graver sur le marbre du solstice d'été, à Saint-Sulpice: *obliquitas eclipticæ maxima* $23^{\text{d}} 28' 40''$ (*Mémoires de l'Académie 1762, page 265*), c'est $23^{\text{d}} 28' 33''$ pour la moyenne, & $23^{\text{d}} 28' 35''$ en la réduisant à 1738; elle est plus petite de 2 secondes que celle du Pérou, mais on voit dans les *Mémoires de 1745*, que l'observation même du Pérou avoit contribué à décider M. le Monnier pour cette quantité, ainsi cela ne fait pas une autorité contraire à mon système: au reste, M. le Monnier suppose 36 secondes par siècle pour la diminution (*Mémoires 1769, page 18*), ainsi lui-même paroît favorable au résultat que j'adopte dans ce Mémoire..

L'incertitude de la réfraction entre 18 & 65 degrés de hauteur, ne paroît point être assez grande pour qu'il faille donner toute la préférence aux observations d'Amérique: Picard, Cassini, Bradley, la Caille, & en dernier lieu M. Bonne, ayant calculé un nombre immense d'observations, ont trouvé la différence des réfractions, $2' 39''$, $2' 33''$, $2' 27''$, $2' 41''$, & $2' 32''$. Les extrêmes, qui sont celles de Bradley & de la Caille, ne diffèrent que de 14 secondes, & cependant ces deux Auteurs sont d'accord pour l'obliquité de l'écliptique; il ne paroît donc pas qu'on puisse attribuer à cette incertitude l'excès de l'observation du Pérou sur toutes celles de l'Europe: d'ailleurs, plusieurs déterminations de l'obliquité, ne supposent que la hauteur du Pôle & la hauteur du Soleil en été, dont les réfractions ne diffèrent que de 20 à 25 secondes, différence sur laquelle il n'y a pas plus d'incertitude qu'au Pérou.

Quant à la vérification de l'arc de l'instrument qui influe sur ces sortes de déterminations, l'on a dans nos climats, l'erreur d'un arc de 47 degrés, qui se partage par la moitié; en Amérique, c'est l'erreur d'un arc de 23 degrés & demi,

qui

qui est la même des deux côtés, mais qui se double sur un arc de 47 degrés; il n'y a donc à cet égard aucun avantage; d'ailleurs, la division de l'instrument de Richer, ne paroît pas avoir été vérifiée sur les lieux, nous sommes obligés de supposer l'arc exact.

Quant au petit degré d'imperfection qui peut se trouver dans l'observation du Pérou, Bouguer ne l'a pas dissimulé, en discutant cette matière, dans sa *Figure de la Terre*, il dit que si l'on montoit dix fois l'instrument de douze pieds dont il se servoit, l'assemblage des barres de fer qui soutiennent le centre, se trouveroit avoir dix longueurs différentes (*page 253*). Il est vrai que l'instrument ne fut pas démonté entre les deux solstices, & qu'il fut vérifié avec soin; mais Bouguer ajoute qu'il est si difficile de réussir dans ces sortes de vérifications, qu'il n'oseroit assurer qu'on dût y ajouter une foi entière; il rapporte (*pages 246 & 257*) cinq observations de chaque solstice, & elles diffèrent de 10 & de 16 secondes, il y en a même de 18 secondes dans l'édition angloise de ces observations, que j'ai citée ci-dessus. Enfin, Bouguer n'avoit point alors discuté l'importance de rendre la lunette parallèle au limbe d'un instrument, ce qu'il a fait ensuite très-soigneusement; & dans les instrumens qui se démontent, le danger est encore plus grand, ce qui aura bien pu produire une erreur de quelques secondes, comme on peut le voir par les Tables que j'ai données de ces sortes d'effets (*Mémoires de l'Académie 1757, page 522*).

Ajoutons encore la flexion des barres dans un instrument de 12 pieds; & je crois qu'après tout cela on ne pensera pas que le résultat du Pérou puisse suffire pour faire douter de la diminution de l'obliquité de l'écliptique, à laquelle conspirent toutes les observations & une théorie incontestable; mais il peut venir à l'appui de ce que j'entreprends d'établir dans ce Mémoire; savoir, que la diminution n'est pas si forte que le Chevalier de Louville & quelques autres Astronomes l'ont pensé.

Voilà toutes les comparaisons que j'ai faites entre les diffé-

rentes observations, pour découvrir la quantité de la diminution dans l'obliquité de l'écliptique; mais il y en a beaucoup plus qui s'accordent avec une diminution de 33 secondes, qu'avec toute autre, & celle-ci satisfait sur-tout aux observations les plus exactes, ou les plus authentiques des derniers siècles; c'est-là ce qui m'a déterminé à l'adopter pour dresser une nouvelle Table de l'obliquité de l'écliptique pendant la durée de ce siècle-ci, dont les Astronomes ont souvent besoin dans leurs calculs, & que j'ai publiée dans le quatrième Volume de mon *Astronomie*. Je choisis 33",33, plutôt qu'un nombre entier, pour la commodité de compter un tiers de seconde par an.

Quant à l'obliquité moyenne pour 1750, il n'y a pas d'incertitude, les observations de la Caille donnent $23^{\text{d}} 28' 19''$.

Suivant les observations que m'envoya T. Mayer, peu de temps avant sa mort, l'obliquité de l'écliptique qu'il avoit observée avec son mural de six pieds, étoit

au solstice d'été de 1756,	$23^{\text{d}} 28' 7''.7$.
au solstice d'hiver 1756,	$23. 28. 8.4$.
au solstice d'été 1757,	$23. 28. 9.2$.

En les réduisant à l'obliquité moyenne pour le commencement de 1750, je trouve $23^{\text{d}} 28' 18''$, ce qui ne diffère que d'une seconde de celle que l'abbé de la Caille avoit déterminée par ses observations de Paris; cela s'accorde parfaitement avec les observations de Bradley à Greenwich (*Nautical almanac*, 1767, pag. 152), & ne diffère que d'une seconde de celle de la Caille.

M. le Gentil (*Mémoires* 1757, page 186) rapporte plusieurs observations faites en 1751 & 1756 à l'Observatoire royal, qui donnent également $23^{\text{d}} 28' 18''$ par un milieu.

M. Cassini le fils, dans son Mémoire lu le 29 Août 1778, ne trouve pour 1750 que $23^{\text{d}} 28' 16''.5$, par les deux solstices, c'est-à-dire 1 seconde $\frac{1}{2}$ de moins. (*Mém.* 1778, p. 492).

Suivant le dernier Recueil de M. Slop (page 109) il y auroit à la vérité pour 1777, 6 secondes de moins que par

ma table, mais une seconde seulement, en préférant la détermination qui se tire du solstice d'été.

Le P. Ximénès, dans sa Dissertation de 1776, trouvoit 8 secondes de plus; mais il est revenu à mon avis; ainsi le milieu entre ces trois déterminations, est encore d'accord avec les résultats de Bradley, Mayer & la Caille, & de M. le Gentil; on ne peut guère avoir une détermination plus certaine pour l'obliquité moyenne de l'écliptique en 1750; je la supposerai donc de $23^d 28' 18''$.

Ayant pris le parti de réduire à 33 secondes par siècle, ou environ, le changement de l'obliquité de l'écliptique, j'ai cherché à rejeter sur l'action de Vénus, toute la réduction que je faisois à la quantité résultante de mes premiers calculs (*Mémoires* 1758, p. 260; & 1761, p. 404. *Astronomie*, tome III, page 149). Voici d'abord les logarithmes des masses que je substitue, d'après les observations du passage de Vénus en 1769, à ceux que j'avois employés dans mes premières recherches (*Mémoires* de 1758, page 260); j'ai mis deux nombres pour la masse de Vénus, le second est après le changement de l'obliquité de l'écliptique, comme je l'expliquerai bientôt; la diminution que j'avois faite à la parallaxe du Soleil, a donné une distance & une masse plus grande par rapport à la Terre, & par conséquent une masse plus petite, soit pour la Terre, soit pour Vénus que je compare toujours à la Terre.

Mercure....	35,903184.
Vénus.....	45,038468.
ou.....	40,947968.
Terre.....	44,524694.
Mars.....	37,794274.
Jupiter....	69,686986.
Saturne....	64,694776.

Ce changement des masses entraîne un dans le mouvement des nœuds de chaque Planète (page 261), & par

Qq ij

308 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE
 conséquent dans les changemens de longitude & de latitude
 des Étoiles (*page 264*). Voici d'abord l'effet de chaque
 Planète sur l'obliquité de l'écliptique.

Pour Saturne..	1",03.	} au lieu de	1",54.
Jupiter..	15,66.		15,75.
Mars. . .	1,28.		0,23.
Vénus....	37,68.		29,25.
Mercure..	0,67.		0,40.
Changement total..	56",32.		47",17.

Cette nouvelle quantité de 56 secondes, est aussi celle
 que M. de la Grange a trouvée par des formules beaucoup
 plus générales, & par conséquent beaucoup plus compliquées
 que les miennes, en employant les masses que j'avois cal-
 culées; mais pour avoir 33",33 par siècle, au lieu de 56",32,
 il faut réduire l'effet de Vénus à 14",69, en conservant les
 quatre autres quantités; pour cela il faut que le logarithme
 de sa masse par rapport à celle du Soleil, soit 4,0947968,
 alors la masse par rapport à celle de la Terre, ne sera plus
 que de 0,4389, & la densité par rapport à la Terre, 0,4971,
 c'est-à-dire environ la moitié de celle de la Terre, au lieu
 d'être plus grande d'un quart, comme la règle supposée par
 M. Euler nous le donnoit; enfin la vitesse des graves à la
 surface de Vénus, n'est plus que 7^{pièds},203.

C'est ainsi qu'il faut corriger les nombres de la Table des
 dimensions des Planètes, que j'ai publiée en 1774, dans
 les *Mémoires de l'Académie pour 1771, page 799*, & même
 celle qui est dans le quatrième volume de mon *Astronomie*,
 & dans la *Connoissance des Temps pour 1784, page 206*.

Si l'on veut avoir le changement des Étoiles en longitude
 & en latitude, il faut changer dans la même proportion les
 autres nombres (*page 264*) qui multiplient le cosinus de
 la longitude, & l'on aura pour le changement de latitude
 des Étoiles,

$$\text{Pour } \left\{ \begin{array}{l} \text{Saturne... } 1'',03. \\ \text{Jupiter... } 15,66. \\ \text{Mars... } 1,28. \\ \text{Vénus... } 14,69. \\ \text{Mercure... } 0,67. \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} - 0'',40. \\ - 2,19. \\ \text{fin. long. } + 1,11. \\ + 4,21. \\ + 0,67. \end{array} \right\} \text{ cof. longit.}$$

donc la var. en lat. est $+ 33'',33$. fin. long. $+ 3,40$. cof. longit.

Et parce que $\frac{3'',4}{33'',33} = \text{tang. } 5^d 49'$, cette variation sera $33'',5$ fin. (long. $+ 5^d 49'$); cette forme est plus commode, & c'est celle dont M. Lévêque s'est servi pour calculer la table des changemens des Étoiles, qui est dans le quatrième volume de mon *Astronomie*.

Le changement des longitudes dans ce siècle-ci, fera, par la même raison, pour les Étoiles boréales,

$$- 33'',5 \text{ cof. (long. } + 5^d 49') \text{ tang. latit.}$$

Il a fallu aussi changer, dans la proportion des nouvelles masses, les mouvemens des nœuds de Mars & de Mercure (*Mémoires* 1758, page 261; & 1761, pages 404, 405 & 407), & j'ai trouvé les quantités suivantes:

$$\begin{array}{l} \text{Pour } \left\{ \begin{array}{l} \text{Mercure. } 1'',458 \\ \text{Mars... } 0,661 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 2'',904, p. 261. \\ 1,317. \end{array} \right\} \text{Mém. 1758.} \\ \\ \text{Pour } \left\{ \begin{array}{l} \text{Mercure. } 0,83 \\ \text{Mars... } 0,43 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 1,66, p. 405. \\ 0,86, p. 404. \end{array} \right\} \\ \\ \text{Mouv. } \left\{ \begin{array}{l} \text{Mercure. } 4,19 \\ \text{Mars... } 11,50 \end{array} \right\} \text{ au lieu de } \left\{ \begin{array}{l} 5,02, p. 405. \\ 10,50, p. 404. \end{array} \right\} \text{Mém. 1761.} \\ \text{annuel total} \\ \\ \text{Par rapport } \left\{ \begin{array}{l} \text{Mercure. } 46,15 \\ \text{aux Équin. } \text{Mars... } 39,41 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 45,32, p. 407. \\ 39,84. \end{array} \right\} \end{array}$$

En employant la position des nœuds pour l'an 50 de notre Ere, je trouve $30'',95$, au lieu de $33'',33$, pour la diminution de l'obliquité de l'écliptique; & pour le changement de latitude des Étoiles en général $+ 30'',95$ fin. long. $+ 14'',92$ cof. long.

Enfin, le changement de longitude est ($- 30,95 \cos. \text{long.} + 14'',92 \sin. \text{long.}$) tang. lat. Ainsi, du temps d'Hipparque, il n'y avoit que $30'',67$ par siècle, & le changement moyen est de 32 secondes; d'après ces données, je trouve que l'obliquité de l'écliptique du temps d'Hipparque devoit être de $23^d 38' \frac{1}{2}$.

On voit par ces formules, qu'il y a des Étoiles dont le changement de latitude est plus grand que le changement de l'obliquité de l'écliptique; cela n'auroit pas lieu dans l'hypothèse du Chevalier de Louville & de Godin, qui faisoient mouvoir l'écliptique autour des points équinoxiaux; le plus grand changement de latitude auroit lieu pour les Étoiles situées sur le colure des Solstices, & seroit égal au changement même du point solsticial. Mais l'écliptique tournant autour de points très-différens des Équinoxes, & ces points d'intersection sur l'écliptique moyenne ayant aussi un mouvement qui résulte des attractions de toutes les Planètes, les Étoiles qui ont le plus de changement actuel en latitude sont celles qui sont les plus éloignées des points autour desquels se fait le mouvement, dans ce siècle-ci. Il arrivera même que l'obliquité de l'écliptique ne changera point lorsque son mouvement se fera autour des points solsticiaux, & que la diminution fera près de se changer en une augmentation; ce seront alors les Étoiles équinoxiales qui auront le plus grand changement en latitude.

Mais ces variations sont très-éloignées; leurs périodes sont peut-être de plusieurs millions d'années, & il nous est impossible de les assigner: il nous suffit d'avoir montré que l'obliquité de l'écliptique diminue certainement dans ce siècle-ci, & cela d'environ un tiers de seconde par an, ce qui concilie le plus grand nombre des observations, en nous indiquant celles que nous devons rejeter. J'ai cru pouvoir ainsi fixer, à très-peu-près, un élément sur lequel il est nécessaire de revenir de temps en temps, puisque les Astronomes en font un usage continuel.

Ces changemens dans la masse de Vénus & dans la varia-

tion de l'obliquité de l'écliptique, en introduisent un dans la diminution de la précession des Équinoxes, produite par l'action des Planètes, que je trouve de $34''{,}4$ dans le premier siècle, & de $7''{,}8$ dans celui-ci; cela fait sur la durée de l'année tropique ou du retour des saisons, un accourcissement de 7 secondes $\frac{1}{4}$ depuis le temps d'Hipparque jusqu'à nous, ou $3''{,}6$ quand on compare la durée de l'année actuelle avec celle qui se déduit des observations d'Hipparque comparées avec les nôtres.

Mais il y a une petite différence dans la précession des Équinoxes, qui produit un effet contraire, comme M. de la Place l'a remarqué (*Mém. 1776, page 251*), elle vient de la diminution de l'obliquité de l'écliptique: si elle étoit de $23^d 37'$ dans le premier siècle, & de $23^d 28'$ dans celui-ci, les cosinus de ces deux quantités qui entrent dans le calcul des effets du Soleil & de la Lune pour la précession (*Astron. art. 3561*) diffèrent de 6 secondes pour $1^d 23' 41''$, qui est la précession séculaire; ainsi, la précession est moindre de 6 secondes dans ce siècle-ci, & la durée de l'année tropique plus grande d'une seconde & demie; si on ôte cette quantité des 7 secondes $\frac{1}{4}$, trouvées ci-dessus, on aura 5 secondes $\frac{3}{4}$ de différence.

Donc, si la durée de l'année est actuellement de $365^h 5^m 48^s 48''$, comme je la trouve par les observations de Flamsteed & de Tycho, elle étoit de $365^h 5^m 48^s 54''$ dans le premier siècle de notre Ère, & l'on doit trouver 51 secondes au lieu de 48 secondes en comparant les observations d'Hipparque avec les nôtres, pour en déduire l'année moyenne entre son siècle & le nôtre.

De-là il suit, qu'en calculant le lieu du Soleil pour le premier siècle de l'Ère vulgaire avec des Tables faites sur la révolution actuelle, on devroit y ajouter une équation, mais elle est assez petite pour que nous puissions la négliger dans les Tables.

Cette diminution dans la masse de Vénus exigera encore une diminution dans l'équation du Soleil, produite par

l'action de Vénus, soit pour la longitude, soit pour la distance, ainsi, dans les Mémoires de l'Académie, pour 1754, page 556, M. Clairaut, calculant les équations du Soleil, trouvoit pour les principaux termes $- 11''{,}7 \sin. t$, $- 13''{,}5 \sin. 2t$, en supposant Vénus & la Terre cent soixante-neuf mille deux cents quatre-vingt-deux fois plus petites que le Soleil; mais les observations du passage de Vénus en 1769, nous ayant fait diminuer la parallaxe du Soleil, la Terre se trouve trois cents cinquante-deux mille huit-cents treize fois plus petite que le Soleil, & en supposant Vénus égale à la Terre, les équations se réduisent à $+ 5''{,}6$, & $- 6''{,}5$. Mais puisque, par les observations de l'obliquité de l'écliptique, Vénus n'est que la moitié de la Terre, ces équations devroient être encore diminuées de moitié, ce qui réduiroit à 6 secondes la plus grande somme d'inégalités, à peu-près comme elle est dans les Tables de Mayer (page xxij, édition de 1767); cependant, Mayer admettoit dans l'obliquité de l'écliptique une diminution plus forte que celle que j'adopte, mais peut-être avoit-il reconnu par les observations, que l'équation causée par Vénus devoit être fort petite.

C'est aussi par les observations que la Caille avoit cherché à déterminer les inégalités produites par Vénus, & il avoit trouvé 15 secondes pour la plus grande somme (*Mém.* 1757, page 130); il est vrai que de petites différences sont difficiles à déterminer par de semblables moyens; mais enfin, cela peut suffire pour conserver l'équation qui est dans ces Tables, jusqu'à ce qu'on ait reconnu plus certainement la nécessité de la diminuer.

M. Euler avoit jeté un doute bien plus important sur cette partie de la théorie du Soleil, dans le tome XVI des *Mémoires de Pétersbourg*, & ensuite dans le volume de l'année 1778: il donnoit pour l'action de Vénus une nouvelle Table, si différente de la nôtre, que l'incertitude pouvoit aller quelquefois à 30 secondes. Je priai M.^{rs} Euler & de la Grange de revenir

de revenir sur cette matière importante, & il est constaté actuellement qu'il s'étoit glissé une erreur dans les calculs qui avoient servi de fondement à cette nouvelle Table de M. Euler : ainsi, le doute n'est plus que de 7 à 8 secondes, dont l'équation est peut-être trop grande dans mes Tables, pour certains cas, mais la forme & les signes de l'équation sont certainement tels que Clairaut, la Caille, Mayer & moi, les avons employés.

Ayant diminué la masse de Vénus, & son influence sur la précession des Équinoxes, il s'ensuit que si la précession actuelle est de $1^d 23' 41'',5$, comme je la trouve par les observations de Flamsteed, & qu'on y ajoute $7'',8$, on aura celle qui est produite par l'action seule du Soleil & de la Lune, ou la précession moyenne, de $1^d 23' 49'',3$, ce qui donne pour la révolution des Équinoxes, ou celle des Étoiles, vingt-cinq mille sept cents soixante-neuf ans; je néglige l'effet de l'obliquité de l'écliptique, parce qu'il est périodique, & ne change pas la précession moyenne. Telle est la durée de cette grande année dont les Anciens ont tant parlé, sans en connoître ni la cause ni la durée; mais le nom de *Grande année*, a été appliqué à beaucoup de révolutions différentes, j'en parlerai dans un Mémoire sur la durée de l'année solaire.

Faute de connoître cette révolution qui change la situation de toutes les constellations par rapport aux saisons, & par rapport au pôle & à notre horizon, les Grecs ne purent reconnoître l'origine des fables qu'ils avoient reçues par tradition des Égyptiens, origine purement astronomique; il étoit réservé à M. Dupuis, Professeur de Rhétorique au collège de Lisieux, de faire cette singulière & curieuse découverte, & de prouver d'une manière frappante, que les levers & les couchers d'Étoiles en différentes saisons de l'année, ont formé les Dieux & les fables de l'Antiquité*; il falloit pour cela remonter par la précession des Équinoxes, à trois

* Voyez le *Journal des Savans*, Janvier, Juin, Octobre & Décembre 1779; & Janvier 1780: & le quatrième volume de mon *Ast. onom.*

ou quatre mille ans avant Jésus-Christ, pour faire voir le rapport de la sphère à cette époque, avec la généalogie des Dieux & des Héros; il falloit un Savant, à qui la connoissance du ciel fût aussi familière que celle de l'antiquité, & M. Dupuis s'est trouvé le premier qui ait su former cette heureuse réunion, pour lever le voile qui couvroit la théologie des anciens peuples, & montrer l'influence de l'Astronomie sur le culte de toute l'antiquité.

Je puis même rapporter ici, d'après M. Dupuis, une remarque ingénieuse qui se rapporte à une grande période semblable à celle dont j'ai parlé (*page 288*). Les Indiens ont une tradition ancienne, sur la durée du monde qu'ils font de quatre millions trois cents vingt mille ans, après laquelle tout périt pour subir une nouvelle création; ce nombre n'exprime autre chose que la durée de l'année qu'ils faisoient de trois cents soixante jours; en multipliant ce nombre par les douze Signes qui font leur révolution chaque jour, & attribuant le nombre mille à chaque Signe, suivant l'usage des Orientaux, on a quatre millions trois cents vingt mille ans; par la même raison les Chaldéens se vantoient d'avoir quatre cents trente-deux mille ans d'ancienneté, suivant Berosé cité par la Syncelle. Cette allégorie est de même espèce que les Énigmes d'Ésope, de Cléobule, d'Œdipe, & il est surprenant qu'on ait été si long-temps à en trouver l'explication, quoiqu'on se soit occupé souvent de ces sortes de périodes. Voyez le *Voyage aux Indes*, par M. Sonnerat, liv. III, chap. XI; celui de M. le Gentil, tome I, page 321; les *Mémoires de l'Académie*, pour 1756, page 67.

