

chant le partage du nouveau Monde, peuvent avoir apporté de grandes altérations dans les Longitudes : mais sans le secours des Observations des Eclipses de Lune & des Satellites de Jupiter, qui nous peut assurer de l'erreur qu'il y a dans ces Longitudes, & quelle en est la quantité ?

Voilà, mon R. P. ce que j'ai remarqué sur les Observations de M. Vossius, à qui je suis pour mon particulier fort obligé de m'avertir de l'erreur qu'il dit que j'ai faite dans mes Tables Astronomiques sur la position de Siam : mais il me permettra d'attendre à m'en corriger jusqu'à ce qu'il se soit fait instruire des principes d'Astronomie & de Géographie.

LA METHODE

De déterminer les Longitudes des lieux de la Terre par les Observations des Satellites de Jupiter, vérifiée & expliquée par M. Cassini.

LEs Géographes n'ont jamais mieux déterminé la situation des lieux de la Terre, qu'en les comparant aux régions du Ciel & en déterminant leurs méridiens & leurs parallèles par des distances prises d'Occident en Orient, & du midy au Septentrion, dans lesquelles consistent leurs Longitudes & leurs Latitudes. On a emprunté cette méthode de l'Astronomie, qui détermine la situation apparente des Astres par les Longitudes & Latitudes, ou par les ascensions droites, & par les déclinaisons, qui répondent aux Longitudes & Latitudes Géographiques. Cette correspondance des mesures prises sur la Terre par rapport à celles que l'on prend dans le Ciel, établie par les Astronomes qui ont été les premiers inventeurs de la Géographie universelle, est celle qui lui a donné la pre-

miere forme, & d'où elle attend sa dernière perfection. Car ce n'est que par cette correspondance que les travaux & les inventions des Astronomes servent à la Géographie.

L'Astronomie a donné aux Géographes & aux Pilotes des manières faciles & exactes de trouver les Latitudes des lieux de la Terre par les Observations du Soleil & des Etoiles, qui peuvent se faire tous les jours de l'année, & à toutes les heures de la nuit, lorsque le Ciel est visible. Elle leur a donné aussi quelques manières de trouver les Longitudes, dont on ne laisse pas de se servir sur terre & sur mer dans les Voyages de long cours, quoique ces manières n'approchent point de l'exactitude, de la certitude & de la facilité de celles par lesquelles on trouve les Latitudes terrestres, & les Longitudes & Latitudes dans le Ciel. C'est pourquoi on attendoit encore de l'Astronomie quelque méthode plus parfaite de trouver les Longitudes des lieux de la Terre; ce qui n'ayant pu se faire jusqu'à présent par le moyen des découvertes des anciens Astronomes, on n'espéroit plus d'y réussir que par le moyen des nouvelles découvertes.

On n'eut pas plutôt considéré que les Satellites de Jupiter découverts en ce siècle par Galilée, pourroient servir à cet usage, après que l'on auroit trouvé les règles de leurs mouvemens, que diverses Puissances de l'Europe, persuadées de l'importance de cette méthode, encouragerent les Astronomes à y travailler. Mais ceux qui s'y appliquèrent les premiers, en furent rebutez par les difficultés qu'ils y trouverent; & quelque progrès qu'on eut fait pendant près d'un siècle, depuis la première découverte de ces Astres, on n'avoit pas encore pu reconnoître dans leurs mouvemens tout ce qui étoit nécessaire pour faire avec succès les premiers essais de cette méthode.

Enfin, sous le Regne & la protection du plus grand Roy du monde, on a surmonté tous les obstacles qui s'opposoient à l'exécution d'une invention si utile, & on

l'a réduite en pratique par des manieres si faciles & si certaines, qu'elles ont eu l'aplaudissement de tous ceux qui les ont comprises.

Il est vrai que ceux qui ne sont pas versez dans les Mathématiques, ont de la peine à concevoir le rapport que les Observations celestes de ces Astres ont avec la Longitude de la Terre. C'est pourquoy nous avons tâché dans la Préface des Ephemerides que nous avons publiées l'an 1668*, d'expliquer clairement les fondemens de cette méthode, & de la rendre intelligible à tout le monde. Cependant nous avons vû par une Lettre inserée dans le huitième tome de la Bibliotheque universelle, qu'il y a encore des Gens de Lettres qui ne sont pas convaincus de la certitude de cette méthode. Dans cette Lettre qui est datée du mois de Février de la présente année 1688.

M. V.* dit qu'il n'a pû jusqu'ici se persuader que des Planetes si éloignées pussent être une mesure exacte de la Longitude des Terres & des Mers. Mais on n'a jamais prétendu se servir des Satellites comme d'une mesure des Longitudes. Les Satellites de Jupiter, par leurs fréquentes conjonctions & leurs fréquentes Eclipses, qui se peuvent observer en même-temps de divers lieux de la Terre fort éloignez les uns des autres, donnent très-souvent la commodité de trouver la différence des Longitudes entre les differens lieux où l'on les observe; ce que ne font pas les autres objets du Ciel, qui ne sont sujets à être éclipsés que très-rarement, & qui ne font pas entre eux de conjonctions, ni aussi fréquentes, ni aussi faciles à observer exactement, qu'il seroit nécessaire pour en tirer en peu de temps une utilité considérable. Mais les Satellites de Jupiter ne sont pas pris eux-mêmes pour mesure des Longitudes.

Dans cette méthode, aussi-bien que dans les autres, la mesure immédiate des Longitudes des lieux de la Terre sont les arcs de l'Equinoxial ou des paralleles compris entre deux méridiens, dont le premier suivant Ptolomée & la

* Ephemerides Medicorum Siderum.

* M. Voffius.

plûpart des Géographes modernes, est celui qui passe par la plus Occidentale des Isles Fortunées que l'on appelle aujourd'hui l'*Isle de Fer*. Mais il n'est pas nécessaire d'avoir égard au premier Méridien, quand on ne cherche que la différence de Longitude entre deux Méridiens. Comme l'Equinoxial & les Paralleles qui traversent tous les Méridiens, sont parcourus par la révolution journaliere de tous les Astres d'Orient en Occident, que le Soleil acheve en vingt-quatre heures par un mouvement composé de l'universel & du particulier; le temps que le Soleil met en un même jour à passer d'un Méridien à l'autre, sert à trouver la différence de Longitude entre ces Méridiens, ce temps ayant la même proportion à vingt-quatre heures, que l'arc de l'Equinoxial compris entre les Méridiens, à tout l'Equinoxial.

Parmi les révolutions, que l'on a jusqu'ici observées dans le Ciel, il n'y en a aucune, qui approche plus de la révolution journaliere de vingt-quatre heures, après celle du Globe de Jupiter, qui selon nos découvertes est de 9 heures 56 minutes, que celle de ses Satellites, dont le premier qui en est le plus proche, acheve la sienne en moins de 42 heures & demie, & les autres plus tard. Ainsi les révolutions de ces Satellites, & particulièrement celle du premier, pourroient être comparées à la révolution journaliere, par laquelle nous mesurons les Longitudes des lieux de la Terre. Et si les Satellites étoient aussi proches de nous que Jupiter, non-seulement leurs conjonctions & leurs Eclipses, mais aussi toutes leurs configurations, observées en quelque temps que ce soit, pourroient servir à trouver les Longitudes.

Mais comme ils sont si éloignés de nous, que leur plus grande vitesse apparente, par laquelle ils s'éloignent de Jupiter, considérée comme elle est vûe de la Terre, n'excede pas toujours la plus grande vitesse de Jupiter même à l'égard des Etoiles fixes, on ne prétend pas en tirer tous

les avantages pour les Longitudes, qu'on en tireroit, s'ils étoient proches, quelque dessein que puissent avoir eu ceux qui proposèrent les premiers cette méthode ; mais seulement d'en tirer les avantages qui nous viennent de la fréquence de leurs conjonctions, & de leurs Eclipses, que la distance n'empêche pas d'observer par le moyen des Lunettes avec une justesse capable de servir à ce dessein, même avec plus d'exactitude qu'on ne feroit par d'autres moyens.

C'est pour cette raison que nous considérons les Eclipses des Satellites de Jupiter, ainsi qu'il a été dit dans nos Ephemerides & dans le Journal des Sçavans du mois de Novembre 1668. comme un signal donné du Ciel au même instant à divers Observateurs placez sur la surface de la Terre, qui s'apprêtent à l'observer au temps que les Ephemerides marquent qu'il doit arriver. A ce signal, qui est comme celui que l'on feroit en cachant & en découvrant un flambeau, chacun marque l'heure, la minute, & la seconde de l'Observation, soit par une Horloge à pendule bien réglée au mouvement du Soleil, soit par la hauteur de quelque Astre.

Si les heures Astronomiques des Observations de la même phase, faites en deux lieux différens, s'accordent dans les secondes, c'est une marque certaine que les lieux des Observations sont sous le même Méridien. Mais si les heures sont différentes, puisque chacun compte les siennes de l'instant que le Soleil a passé par son méridien, celui qui compte plus d'heures Astronomiques, a eu le Soleil à son méridien plutôt que celui qui en compte moins : & par conséquent il est d'autant plus Oriental, que la différence des heures est plus grande. Et comme vingt-quatre heures, sont à la différence entre les heures comptées au même instant en l'un & en l'autre lieu ; ainsi 360. degrez sont à la différence des Longitudes entre ces deux lieux.

Le fondement principal de la justesse de cette opéra-

tion consiste dans la précision que l'on peut avoir en déterminant le temps des Observations faites en deux lieux différens. Car si nous ne le pouvons déterminer qu'à deux minutes près, de sorte que dans les comparaisons de deux Observations il y puisse avoir l'erreur de quatre minutes d'heure, qui répondent à un degré de Longitude, nous ne pourrions avoir qu'à un degré près la différence des Longitudes que nous cherchons. Et si nous la pouvons déterminer à deux secondes près, de sorte que dans les deux Observations il n'y puisse avoir que quatre secondes de doute, qui répondent à une minute de degré, nous aurions la différence de Longitude à une minute près.

Avant que d'entreprendre les Voyages que l'on a faits par l'ordre de Sa Majesté pour pratiquer cette méthode, nous avons expérimenté, que deux Observateurs un peu exercés observant dans le même lieu une même phase par des Lunettes de 14 à 16 pieds, s'accordoient souvent, à deux ou trois secondes près, dans la détermination de l'entrée d'un Satellite dans l'ombre de Jupiter, ou de sa sortie de l'ombre, & qu'ils étoient rarement différens de 10 ou 12 secondes. Et comme dans les conjonctions des Satellites avec Jupiter, dans leurs séparations, & dans l'arrivée des ombres & des autres taches au milieu de son disque, on étoit en doute d'une, & quelquefois de deux minutes; ce qui arrive aussi quelquefois aux Phases des Eclipses de Lune: on jugea qu'en choisissant les immersions des Satellites dans l'ombre de Jupiter, on pourroit déterminer les différences des Longitudes entre deux lieux éloignés, à quelques minutes près; à moins que la différence de la clarté de l'air d'un lieu à l'autre ne fit quelque peu de variation.

On auroit pû douter, si observant en deux climats éloignés l'un de l'autre, il n'y auroit point une variation considérable; mais nous fîmes des Expériences qui nous délivrèrent de ce scrupule

Dans le Voyage que M. Picard fit en Dannemarck pour l'Académie Royale des Sciences, dans le dessein de trouver la différence des Méridiens entre l'Observatoire Royal de Paris & celui de Tycho à Uranibourg, ce qui ne se trouva que par cette méthode que nous avons proposée, & pour laquelle nous avons donné les Ephemerides; il observa avec M. Roëmer toutes les Eclipses des Satellites qu'il put depuis le mois d'Octobre 1671. jusqu'au mois d'Avril 1672. J'observois en même temps les mêmes Eclipses à l'Observatoire Royal, où j'ai toujours fait les Observations correspondantes à celles qui se font faites dans tous les Voyages faits par ordre du Roy pour l'Académie, & à plusieurs autres Observations que j'ai concertées avec plusieurs Astronomes en diverses parties de la Terre. La différence des Méridiens entre Paris & Uranibourg, qui résulta de nos Observations choisies, faites en Automne, en Hiver & au Printemps, fut toujours entre 42 minutes 2 secondes, & 42 minutes 20 secondes: d'où nous établimes la différence des Méridiens de 42 minutes 10 secondes, dont Uranibourg est plus à l'Orient que Paris: supposant qu'en toute cette différence des climats & des saisons de l'année; y compris la différence de la vue, des Horloges, des autres Instrumens & de l'estimation, il yeût eu une variation de 9 à 10 secondes de côté & d'autre; ce qui ne monte pas à trois minutes d'un degré. On n'est pas sujet à une plus grande erreur dans une différence de Méridiens de 100 ou de 150 degrés, que dans une de dix degrez, quand il ne s'agit que de déterminer les degrez & les minutes de ces différences, puisqu'il n'y a pas un plus grand nombre d'Observations à faire par cette méthode pour une grande distance des lieux, que pour une petite; ce qui n'arrive pas dans la méthode commune des Pilotes & des autres Voyageurs; dans laquelle la détermination des grandes distances ne résulte que de la détermination d'une infinité de petites:

c'est pourquoi dans leur méthode les erreurs se multiplient à proportion des distances.

Nous avons depuis trouvé que nous n'étions pas moins d'accord dans les différences entre les mêmes Méridiens observez dans les autres Voyages qui ont été faits par ordre de Sa Majesté, quand on a pû observer dans un même lieu plusieurs des mêmes Eclipses des Satellites de Jupiter, que j'observois en même temps à l'Observatoire. Dans les Voyages de MM. Picard & de la Hire à Bayonne l'an 1680. ils firent au mois de Septembre & d'Octobre plusieurs Observations de l'immersion du premier Satellite dans l'ombre de Jupiter, dont il y en eut trois que j'observai en même temps à l'Observatoire; & la différence des Méridiens qui en résulta, fut entre 15 minutes 12 secondes, & 15 minutes 18 secondes, dont Bayonne est plus Occidentale; de sorte qu'il n'y eut que six secondes de variation.

L'année suivante 1681. M. de la Hire fit à Dunkerque deux Observations de l'immersion du premier Satellite que j'observai en même temps à l'Observatoire; & la différence des Méridiens qui en résulta fut entre $0^{\circ} 3''$ & $0^{\circ} 8''$ dont Dunkerque est plus Oriental; de sorte que la variation ne fut que $5''$. & en 1682. MM. Varin, des Hayes & de Glos envoyez pour l'Académie par ordre du Roy en Afrique & en Amérique, observèrent dans l'Isle de Gorée au Cap-Verd au mois d'Avril & de May deux émerfions du même Satellite que j'observai en même temps à Paris; & la différence des Méridiens qui en résulta, fut entre une heure $17' 34''$, & une heure $17' 40''$, dont la Gorée est plus Occidentale; de sorte qu'il n'y eut que six secondes de variation.

La même conformité, à peu-près, a paru dans les différences des mêmes Méridiens, trouvées plusieurs fois par des Observations des Satellites de Jupiter, faites de concert avec plusieurs autres Astronomes. Et quand nous

aurons ensuite comparé nos Observations de quelques Eclipses de Lune, avec celles qui ont été observées en même temps dans les lieux où l'on avoit observé celles des Satellites de Jupiter ; que nous avons observées en même temps à Paris, comme furent celles que M. Roëmer fit après son retour en Dannemarck , & quelques autres faites à Rome par les Astronomes de l'Académie de la Reine de Suede , & en Angleterre par MM. de la Société Royale ; les différences des Méridiens trouvées par ces Eclipses de Lune se sont accordées avec celles que l'on avoit trouvées par les Satellites de Jupiter avec toute la justesse que l'on pouvoit prétendre par la méthode d'observer les Eclipses de Lune , que l'on pratique présentement , en se servant des Lunettes , & en joignant aux Observations des Phases celle de l'immersion des taches principales de la Lune , & celle de leur émerision ; ce qui donne une précision beaucoup plus grande que l'on n'avoit auparavant , quoique ces Observations des Eclipses de Lune, quelque exactitude que l'on y apporte, soient moins précises que les Observations des Eclipses des Satellites de Jupiter.

Cette maniere de déterminer les Longitudes par les Observations de la même Eclipse faites en même temps en des lieux éloignez , est la plus certaine & la plus évidente ; mais elle n'est pas la seule dont on se puisse servir pour le même effet. Il y en a une autre dont nous nous servons , quand on n'a pas pu observer une même Eclipse des Satellites de Jupiter en deux lieux , mais qu'on en a observé une ou plusieurs dans un lieu, & une du même Satellite dans un autre, quelques jours avant ou après ; comme il est arrivé plusieurs fois en observant dans un même mois à Paris & sur les Côtes de France , & dernièrement en observant à Paris & à Siam , où les Peres Jesuites, envoyez par Sa Majesté à la Chine , pour y faire des Observations correspondantes à celles de l'Académie Royale

des Sciences, observerent plusieurs Eclipses du premier Satellite de Jupiter, que nous ne pûmes pas observer à Paris; & ne laissèrent pas de servir à trouver la différence des Méridiens entre Siam & Paris, où nous avons fait d'autres Observations du même Satellite un peu avant & après. Car les Eclipses d'un Satellite qu'on a observées dans un même lieu, si elles sont plusieurs, étant comparées ensemble, donnent les intervalles par le moyen desquels on peut trouver le temps des autres Eclipses du même Satellite, qu'on n'a pas pu observer, & les déterminer presque avec autant de justesse, que si on les avoit toutes observées. Mais si on n'a fait qu'une Observation en un lieu, & une autre dans un autre lieu dans la même semaine, ou à peu près, on peut trouver l'intervalle entre les deux Eclipses du même Satellite par les Tables corrigées, qui ne peuvent pas faire une erreur considérable dans l'espace d'une ou plusieurs semaines. Ainsi on peut comparer l'Observation d'une Eclipsé faite dans un lieu, avec le calcul de la même Eclipsé fait pour un autre lieu, tiré des autres Observations qu'on y a faites.

La justesse de cette méthode fut vérifiée la première fois que nous fûmes obligés d'y avoir recours; ce qui arriva l'an 1674. quand j'observai à Paris le 30. Mai une immersion du premier Satellite que M. Picard ne pût observer au Cap de Sete; mais il y en observa une le 7. Juin, que je ne pûs observer à Paris: & néanmoins par le moyen de l'intervalle de quatre révolutions, qui étoient passées en sept jours, nous trouvâmes la différence des Méridiens entre Paris & Sete de cinq minutes & demie de temps, dont le Cap de Sete est plus Oriental que Paris. Ensuite ayant trouvé par des Observations immédiates faites de part & d'autre la différence des Méridiens entre Paris & Montpellier de 6'. 10". & par conséquent la différence entre Montpellier & Sete de 40. secondes: M. Picard chercha cette différence par le moyen des hauteurs
du

du Pole de ces deux lieux & d'un troisieme, d'où il voyoit Montpellier & Sete, y joignant les angles de position nécessaires; & par ce moyen, qu'on ne sçauroit employer par des opérations simples que dans les petites distances; il trouva la difference des Méridiens de Montpellier & Sete de 42. secondes, à deux secondes près de ce que l'on avoit trouvé par l'autre méthode. Depuis ce temps-là ayant trouvé par la premiere & par la seconde méthode les differences des Méridiens entre Sete, Toulon & Antibe, comparant mes Observations faites à Paris, avec celles qui furent faites en Provence, elles se trouvèrent conformes à celles que M. de Chazelles, Professeur Royal en Hydrographie à Marseille, a trouvées depuis par les angles de position, par les hauteurs du Pole, & par les distances.

La difference des Méridiens trouvée par cette seconde méthode entre Paris & Siam, par les Observations du premier Satellite de Jupiter faites de part & d'autre en divers temps, s'est trouvée conforme à une minute près à celle qui avoit été établie par les Eclipses de Lune, comme il paroît par le détail de ces Observations que le Pere Gouye vient de publier.

On ne sçauroit se servir de la même maniere des Eclipses de Lune, dont les plus courts intervalles qui sont ordinairement de six mois, ne sont point assez reglez, pour être déterminez exactement par les Observations les uns des autres, ou par les Tables Astronomiques.

On peut par cette maniere réformer en peu de temps toute la Géographie, en envoyant un assez bon nombre d'Observateurs pour observer dans les lieux les plus importants quelques Eclipses de ces Satellites, pendant qu'un autre Observateur demeure dans un même lieu pour faire toutes les Observations que le temps lui permet, qui serviront à déterminer assez précisément le temps de celles qu'il n'a pû faire, pour le comparer à celles des mêmes

Eclipses qui auront été faites ailleurs.

Il y a une troisième maniere de se servir des Observations des Satellites de Jupiter faites dans les voyages, en les comparant avec les Tables calculées pour un Méridien comme celui de Paris, vérifiées par les Observations recentes. Car la difference entre le temps de l'Eclipse d'un Satellite observé, & le temps marqué par les Tables, donnera à peu près la difference des Méridiens entre les lieux de l'Observation, & celui des Tables.

Il est vrai que le temps marqué par les Tables ne sera pas aussi juste que celui que l'on a trouvé par les Observations. Mais ayant trouvé par expérience, que les Tables, de la maniere que nous les avons réformées après la premiere édition, représentent les Eclipses du premier Satellite de Jupiter faites trois mois avant, & trois mois après son opposition avec le Soleil dans l'espace de 24. années, à une ou deux minutes près; & qu'après les avoir conférées avec les Observations, pour trouver s'il y a quelque difference, on le peut corriger sur ces dernières Observations; de sorte que l'erreur reste plus imperceptible. On peut tirer par cette méthode la difference des Méridiens avec la même justesse, ou à peu près, que par les Eclipses de Lune bien observées; ce qui peut servir dans les voyages, quand on prend terre, à corriger les grands deffauts des Cartes, en attendant les Observations correspondantes qui peuvent servir à rectifier l'opération. C'est de cette méthode que nous nous sommes servis pour trouver la difference des Méridiens entre Paris & l'Isle de Cayenne, faute de s'être rencontrés à observer immédiatement les mêmes Eclipses de Satellites de part & d'autre; & que nous avons trouvé les Longitudes de divers lieux d'Europe, & dont les PP. Jesuites qui alloient à la Chine en qualité de Mathématiciens du Roi, se sont servis au Cap de Bonne-Esperance, après avoir expérimenté par les Observations faites en Europe, que les

Tables que nous leur avons communiquées, donnoient ordinairement ces Eclipses à une ou deux minutes près; ce qui n'empêche point qu'on ne le puisse vérifier encore par des Observations immédiates, faites de part & d'autre, si l'occasion s'en présente. Cependant on ne voit pas qu'auparavant on eût jamais déterminé la Longitude de ce Cap d'une manière plus assurée; celle que les Pilotes ont établie par leur méthode, étant fautive par les raisons que nous avons déduites, & particulièrement par le grand détour que l'on prend en passant de nos Méridiens d'Europe à celui du Cap de Bonne Esperance.

Par cette dernière méthode, un Observateur peut entreprendre de trouver les Longitudes des lieux éloignés sans Correspondant; ce qu'on fera avec plus de justesse, si avant le départ on fait les Observations nécessaires pour examiner les Tables, & trouver leur différence des Observations mêmes, pour y avoir égard; & si on fait aussi les mêmes Observations après le retour au même lieu, pour voir si la différence est augmentée ou diminuée, & pour faire, s'il est nécessaire, une nouvelle correction aux Tables auxquelles on doit comparer les Observations.

Les Longitudes que nous avons tirées des Observations des Satellites de Jupiter par ces trois manières différentes, & particulièrement par les deux premières qui sont les plus certaines, & celles qui résultent des Eclipses de Lune les mieux observées, se sont trouvées fort différentes de celles qui ont été marquées dans les Cartes communes de Géographie & d'Hydrographie, qui ordinairement étendent trop les continens de l'Europe, de l'Afrique & de l'Amerique, & étrécissent trop la grande Mer Pacifique entre l'Asie & l'Amerique. C'est pourquoi nous avons essayé de corriger les Cartes sur le fondement des Observations que nous avons faites, tant des Eclipses des Satellites de Jupiter, que de celles de Lu-

ne ; y joignant celles de Lune qui avoient été faites en ce siecle par d'autres Astronomes , & diverses Observations des Latitudes, dont une grande partie ont été rapportées par le Pere Riccioli dans sa Géographie réformée, auxquelles on se peut fier à cause de la facilité qu'on a de les faire. Toutes ces Observations nous ont servi, premierement à orienter diversément les meilleures Cartes, & à les graduer autrement par les Longitudes & Latitudes, afin de pouvoir être employées à faire une Carte universelle de toute la Terre, les Cartes particulières, sans être bien orientées & bien graduées par les Longitudes & Latitudes, ne pouvant pas trouver leur place dans une Carte universelle. Nous en avons fait une avec MM. Sedileau & Chazelles sur le plancher de la Tour Occidentale de l'Observatoire, où elle fut considérée il y a cinq ans par Sa Majesté. Depuis ce temps-là elle a été vérifiée par plusieurs Observations faites en même temps à l'Observatoire & en divers autres lieux fort éloignés, parmi lesquelles il y en a plusieurs que les Peres Jesuites nous ont depuis envoyées de Siam, qui est un des lieux dont nous n'avions pas eu d'Observations auparavant, & que nous n'avions placez que par rapport aux corrections faites aux Cartes dans la situation de divers lieux d'Asie, sans avoir égard à quelques Cartes des plus modernes, qui mettent le Royaume de Siam 24. ou 25. degréz plus à l'Orient à l'égard de Paris, que nous ne jugions par nos corrections, qui ont été confirmées par les Observations de Siam comparées aux nôtres.

Il ne faut pas s'étonner si les Pilotes se fiant à leurs Cartes dans le voyage de M. Chaumont, Ambassadeur de Sa Majesté à Siam, se méprirent dans leur estime tant en allant qu'en revenant, faisant plus de chemin qu'ils ne jugeoient. En allant du Cap de Bonne-Esperance à l'Isle de Java, ils croyoient être encore éloignés du dé-

troit de la Sonde ; quand ils se trouverent plus de soixante lieuës au-delà ; & il falut reculer deux jours par un vent favorable pour y entrer ; & en revenant du Cap de Bonne-Esperance en France , ils se trouverent à l'Isle de Flore , la plus Occidentale des Açores , quand ils croyoient en être plus de 150. lieuës à l'Est ; & il leur falut naviger encore douze jours vers l'Est pour arriver aux Côtes de France. On peut attribuer aux Cartes qui étendent trop les Longitudes , cet allongement de chemin qu'ils firent de part & d'autre au delà de ce qu'il falloit , quoique les Pilotes qui ne se méfient point des Cartes , l'attribuënt à des courans dont la force leur étoit inconnuë. Mais les mêmes courans qui peuvent empêcher que l'on ne fasse un bon usage des Cartes , peuvent avoir empêché que les Pilotes anciens qui ont fait les Cartes sur l'estime de leurs voyages , ne fissent point de Cartes assez justes. C'est pourquoi nous ne sommes pas de l'avis de M. V. qui , en fait de Longitudes , juge qu'on puisse faire plus de fond sur ce qu'en ont marqué ceux qui en ont fait le cours , que sur les Observations des Satellites de Jupiter.

Les Voyageurs les plus habiles n'ont point de méthode de trouver les Longitudes des lieux aussi éloignez , que Paris l'est de Siam , sans s'exposer à une infinité de fautes , soit qu'on fasse le voyage par terre , soit qu'on le fasse par mer. Ceux qui voyagent par terre , se contentent ordinairement de marquer les distances des lieux par où ils passent , selon l'estime du temps qu'ils mettent d'un lieu à l'autre , ou selon celles des lieuës ou des milles , dont la mesure est différente en différens pays sans que l'on puisse réduire les unes aux autres avec assez de justesse. On ne tient pas compte des fractions , qui dans une distance composée d'une infinité d'autres , peuvent monter à une grande somme ; & comme ils n'ignorent pas que les détours allongent les chemins , ils en ôtent à discrétion ce qui leur semble , sans aucune regle certain-

ne, & sans avoir mesuré les angles qu'ils font en divers endroits. On ne s'oriente autrement que par l'estime, & rarement par l'éguille aimantée, qui d'ailleurs est sujette à diverses variations en differens lieux, où on ne les observe pas toujours. Le plus grand secours que l'on puisse avoir pour la justesse des distances, est celui qu'on tire de ce qui nous reste des Itinéraires anciens d'Alexandre, & des Romains, qui faisoient mesurer la longueur des chemins dans leurs expéditions militaires, mais non pas leurs angles, & rarement les traverses d'un chemin à l'autre; ce qui ne suffit pas pour dresser de bonnes Cartes: d'où vient qu'il n'y a rien de plus informe, ni de plus mal proportionné que les Cartes anciennes fondées sur ces mesures itineraires, comme sont celles que Peutinger nous a conservées, & que l'on croit avoir été faites du temps de Theodose Premier. Pour se servir avec plus d'utilité de ces distances, il a fallu que les Astronomes y ajoutassent les Observations celestes des hauteurs du Pole faites en divers lieux, & déterminées par les hauteurs du Soleil & des Astres, ou par les Etoiles fixes qui rasent l'horison, ou par la longueur des ombres équinoxiales, ou par l'Observation de la longueur du plus grand jour de l'année, pour placer chaque lieu dans son propre climat.

Il leur a fallu faire des Observations des hauteurs du Pole en differens lieux éloignez placez sur un même Méridien, & mesurer leurs distances, en stades, en milles ou en lieuës, pour avoir à peu près la mesure d'un degré de la circonférence de la Terre. Il leur a fallu trouver la proportion entre les degrez d'un grand cercle & ceux de chaque parallele, pour sçavoir combien de Longitude répond à la distance des deux lieux qui sont sous un même parallele; puisque les distances égales sous divers paralleles, répondent à des Longitudes inégales. On n'a pratiqué que rarement la maniere de trouver la difference des Longitudes de deux lieux éloignez par leurs hauteurs

du Pole, & par leur distance réduite en degrez ; ce qui seroit une maniere assez juste, si on avoit autant de justesse dans les distances que dans les hauteurs du Pole.

Mais les distances des lieux très-éloignez prises sur terre, ne résultent que d'une infinité de petites distances des lieux entre l'un & l'autre, qui étant toutes sujettes à quelque erreur inévitable, les accumulent toutes dans la distance totale. Enfin on a pratiqué en quelque endroit la maniere de trouver la difference des Longitudes entre deux lieux prochains que l'on peut voir l'un de l'autre, par les hauteurs du Pole, & par leurs angles de position: mais il y a peu de differences qui ayent été prises de cette maniere, dans laquelle il faut que l'on puisse voir un lieu de l'autre ; & il en faudroit un si grand nombre pour la difference des lieux très-éloignez, que les erreurs imperceptibles dans toutes les differences particulieres des Longitudes, pourroient faire une erreur très-considerable dans la somme de toutes.

Il ne faut donc pas s'étonner si les deux plus excellens Géographes de toute l'Antiquité, Marin Tyrien & Ptolomée, se fondant sur les mêmes relations des voyages, & étant d'accord dans la mesure d'un degré de la Terre, & dans la proportion des principaux Paralleles, se sont trouvez en differend dans la Longitude des Villes principales des Sines & des Seres de 47 à 48 degrez, par la seule difference de l'estime de ce qu'il falloit ôter à la longueur des chemins pour trouver les véritables distances. Les Observations modernes favorisent la correction de Ptolomée, qui réduisit les Longitudes de 225 degrez établies par Marin, à 187 degrez & demi: mais elles font voir aussi que Ptolomée n'en retrancha pas assez. On n'a qu'à lire le premier Livre de sa Géographie depuis le 4. chap. jusqu'au 17. pour voir l'incertitude des conjectures dont ces Auteurs anciens ont été obligez de se servir dans l'examen des Voyages faits sans le secours des Observa-

tions célestes qui auroient été nécessaires pour déterminer les véritables Longitudes & Latitudes des lieux de la Terre. Quoique depuis ce temps-là on ait beaucoup travaillé pour perfectionner la Géographie par les Voyages, & par le secours des inventions qu'on a trouvées depuis, on n'a presque jamais examiné avec un peu d'exactitude les Cartes qui ont été faites jusqu'à présent, qu'on n'y ait trouvé des fautes considérables. La France a eu en ce siècle d'excellens Géographes, qui ont travaillé avec soin à faire les Cartes de ce grand Royaume, & néanmoins les Observations faites par l'Académie Royale des Sciences ont découvert des fautes très-considérables dans la situation des Villes principales. En prolongeant la méridienne de l'Observatoire vers le Midy jusqu'aux Montagnes du Bourbonnois, nous avons marqué les distances des lieux principaux qui sont de côté & d'autre, que nous avons tous liez ensemble par une suite continue de triangles, dont les angles ont été mesurez avec une grande exactitude: & nous avons trouvé que toutes les Villes considérables, comme sont Orleans, Aubigni, Bourges, Issoudun & les autres, sont moins éloignées de Paris, & plus à l'Orient qu'elles ne sont marquées par les Cartes des Géographes Modernes.

Monsieur Cassendi avoit déjà remarqué par ses Observations, que les Côtes de Provence sont beaucoup plus Septentrionales que par les Cartes anciennes & modernes: ce qui a été confirmé par nos Observations, & par celles de MM. Picard & de la Hire; & leurs Observations faites sur les Côtes Occidentales de la France à Bayonne, à l'embouchure de la Garonne, à Brest & ailleurs, étant comparées avec celles que nous avons faites au même temps à l'Observatoire, font voir que ces Côtes sont moins Occidentales à l'égard de Paris, que par les Cartes.

Ceux qui voyagent sur mer, ne sont pas seulement exposés

posez aux mêmes erreurs que ceux qui voyagent sur terre, mais à plusieurs autres, causées par la difficulté d'observer en mer avec la même justesse que sur terre, & par la difficulté d'estimer la longueur des voyages à cause des courans & de la force des vents difficile à mesurer, quelque soin qu'on y apporte, par des Instrumens inventez à cet usage. Les Modernes, à la verité, ont un grand avantage sur les Anciens, à cause de l'invention de la Boussole qui supplée au défaut des angles de position, pourvû qu'on observe souvent la variation de l'aiman, & à cause de l'usage de l'Astrolabe, & d'autres Instrumens Astronomiques pour les hauteurs du Pole. Mais on n'évite pas par ces petits Instrumens de petites erreurs, qui dans les longs voyages s'accumulent dans les Longitudes en une erreur sensible : c'est un inconvénient qu'on ne peut jamais éviter, ni dans les voyages de terre, ni dans les voyages de mer ; mais on l'évite, comme nous avons dit, par les Observations des Eclipses, par lesquelles on trouve les différences des Longitudes par une opération qui n'est pas plus composée pour les plus grandes différences, que pour les plus petites.

Il faut avouër que s'il s'agit de trouver la différence des Longitudes de deux Lieux si proches qu'on les puisse voir l'un de l'autre, on la pourra trouver quelquefois plus exactement par les hauteurs du Pole jointes aux angles de position, ou en leur place, aux distances réduites en minutes de degré, que par les Observations des Eclipses. Mais il n'en est pas de même pour les Longitudes des Lieux très-éloignez, qui par la premiere méthode ne se peuvent trouver que par une grande multitude d'opérations ; & la seconde méthode n'en demande pas plus pour une grande que pour une petite.

On ne voit pas comme une personne aussi sçavante que M. V. puisse conclure, que *jusqu'à ce que l'on sçache faire des calculs plus exacts des Eclipses, il vaut beaucoup mieux*

prendre les Longitudes de la Terre même , ou des Caps , que de les aller chercher dans le Ciel , comme si l'on pouvoit tirer les Longitudes de la Terre sans Observation du Ciel.

Ceux qui sont de cet avis , ne montrent pas sçavoir quelle sorte de mesure sont les Longitudes & les Latitudes de la Terre , ni avoir fait assez de réflexion à l'artifice admirable dont les Anciens se sont servis pour faire servir les mesures prises dans le Ciel à la description de la Terre , ce qui nous oblige d'en dire un mot , pour détromper ceux qui croient encore , que l'on se puisse passer de l'Astronomie dans la Géographie.

Rien n'étoit plus difficile à l'homme placé sur la surface de la Terre , dont l'on ne peut voir à la fois qu'une très-petite partie , que de faire la description des Terres & des Mers parcouruës partie par un Voyageur , partie par un autre , & de lier ensemble dans une juste description ces différentes parties , qu'on ne peut comparer immédiatement , & déterminer enfin leur proportion à toute la surface de la Terre , qui n'étoit pas encore , ni ne sera peut-être jamais entièrement découverte.

On trouvoit une facilité incomparablement plus grande à faire la description du Ciel , dont l'on peut voir en même temps tout un hemisphere , & mesurer les distances apparentes des Etoiles les plus éloignées que l'on découvre sur l'horizon.

Mais après qu'on eût considéré la révolution journalière des Astres autour de la Terre , & la figure circulaire de la partie de l'ombre de la Terre qui tombe sur la Lune dans les Eclipses , d'où l'on connut que la Terre & les Mers forment ensemble un Globe suspendu dans l'air , & environné tout autour , du Ciel ; on commença de marquer la correspondance des parties de la Terre à celles du Ciel , en élevant de chaque point de la surface de la Terre des lignes perpendiculaires prolongées jusqu'à la surface sphérique du Ciel , pour y marquer le point correspon-

dant vertical ou Zenith , aisé à trouver par un fil à plomb : & on divisa la circonférence de la Terre aussi-bien que celle du Ciel en 360 degrez ; de sorte qu'il y eut autant de degrez entre deux points verticaux dans le Ciel , qu'il y en a entre les deux points correspondans de la Terre : ce qui donne cette commodité , que si de deux lieux de la Terre aussi éloignez l'un de l'autre qu'ils puissent être , on peut déterminer en un même instant leurs points verticaux dans le Ciel à l'égard des Etoiles fixes , ou d'autres marques que l'on puisse reconnoître ; en mesurant ensuite les degrez entre ces points verticaux , nous trouvons les degrez de la distance entre ces lieux correspondans de la Terre , qu'on ne peut pas voir l'un de l'autre.

On trouve par cette méthode les degrez de la distance des lieux séparés par de grands trajets de mer , avec la même justesse , que ceux qui sont dans un même continent , trouvent les distances ; ce que l'on ne feroit pas par les mesures prises sur la Terre , celles que l'on prend sur la Mer étant ordinairement plus incertaines , que celles que l'on prend dans les continens : & on a en même temps la proportion de la distance des lieux à toute la circonférence de la Terre ; ce qu'on n'a pas dans les mesures prises sur la Terre , à moins qu'on ne sçache d'ailleurs combien de lieux sont dans la circonférence de la Terre : ce qu'on ne sçait jamais mieux que par la mesure d'un ou plusieurs degrez du Ciel , qui répondent à la distance de deux lieux que l'on a mesurés sur la Terre. La révolution journalière , soit du Ciel , soit de la Terre , que l'on ne connoît que par le mouvement apparent de tous les Astres d'Orient en Occident autour de la Terre même , est celle qui a donné occasion de marquer les lieux de sa surface par les Longitudes & les Latitudes. Car ayant observé que cette révolution se fait autour de deux Poles opposés , dont l'un est toujours visible dans le Ciel comme un point immobile qui se voit d'un même lieu , toujours à la même

distance du Zenith , qui diminuë à mesure que l'on change de place en allant vers le Pole ; on a transporté les Poles du Ciel sur le Globe de la Terre même. Ces Poles de la Terre sont comme les clefs de toute la Géographie : car la distance entre chaque Ville & le Pole de la Terre est proportionnée à la distance entre son point vertical ou Zenith & le Pole du Ciel. Ainsi ayant observé les degrez de cette distance que nous voyons dans le Ciel , nous trouvons la distance entre notre lieu & le Pole de la Terre, que non-seulement nous ne voyons pas , mais qui peut-être n'a jamais été vû de personne que nous sçachions , s'il est vrai que le Pole plus proche de nous est inaccessible aux Etrangers à cause des glaces perpetuelles qui regnent toujours à 10 ou 12 degrez à la ronde ; & les Terres autour du Pole opposé sont encore inconnuës aux Européens : & néanmoins les degrez des distances de chaque lieu de la Terre jusqu'à l'un & l'autre Pole, se peuvent mesurer si exactement par les seules mesures du Ciel , qu'on n'y manquera pas d'une minute. On a transporté aussi sur la Terre, l'Equinoxial , qui est à égale distance entre les deux Poles ; & les Paralleles sur lesquels se fait le mouvement journalier des Astres , qui sont des cercles qui diminuent à mesure qu'ils s'éloignent de l'Equinoxial , jusqu'à ce qu'ils vont finir en un point dans le Pole.

On trouve avec la même justesse par les mesures celestes la distance entre chaque lieu de la Terre & l'Equinoxial ; & c'est dans les degrez de cette distance que consistent les Latitudes qu'on ne laissoit pas de connoître précisément avant que les Européens se fussent jamais approchez de l'Equinoxial , le passage qui a été ouvert depuis deux siècles par la Ligne Equinoxiale ne contribuant rien à trouver sa distance avec plus de facilité & de justesse ; & personne ne s'avisant d'aller mesurer cette distance sur la Terre ; ce qui seroit d'un travail immense & incertain , & dont même on ne viendroit pas à bout sans l'inspection

du Ciel. L'Equinoxial & les Paralleles sont coupez à angles droits par les méridiens qui sont de grands demicercles qui vont s'unir aux Poles de la révolution journaliere des Astres. Chaque point de la Terre reconnoît son méridien dans le Ciel, qui passe par son point vertical. Le Soleil faisant sa révolution journaliere autour de la Terre d'Orient en Occident, se trouve sur le méridien de chaque lieu au point du Midy qui arrive plutôt aux parties Orientales de la Terre, d'où le Soleil vient par cette révolution, qu'aux Occidentales où il va. Ces demicercles transportez du Ciel sur la Terre vont aussi s'unir à ses Poles; & c'est sur eux que l'on prend les Latitudes de chaque lieu que l'on compte depuis l'Equinoxial vers l'un & l'autre Pole. Il n'est pas difficile de comprendre la raison pour laquelle on trouve ordinairement les Latitudes des lieux éloignez par les Observations célestes avec plus de facilité & de justesse que leurs Longitudes. C'est parce que nous sçavons quelles sont à chaque instant les distances que la plupart des Astres ont des Poles & de l'Equinoxial, qui ne changent point sensiblement dans une révolution journaliere d'Orient en Occident; & que si le Soleil dont nous nous servons pour trouver la latitude de jour, change un peu de déclinaison, nous sçavons de combien, sans que la difference d'une heure de temps puisse causer une minute d'erreur dans la latitude. Ainsi sçachant la distance du Soleil ou d'un autre Astre jusqu'à l'Equinoxial, quand il passe par notre méridien; & sçachant par l'Observation la distance de notre point vertical, nous trouvons sa distance entre ce point & l'Equinoxial, qui montre la latitude du lieu où nous observons, sans avoir besoin d'un Correspondant sous l'Equinoxial, ou ailleurs, qui observe au même instant le même Astre.

S'il y avoit des Astres qui demeurassent aussi long-tems proche d'un même méridien, qu'ils demeurent proche d'un même Parallele, de sorte qu'en ayant une fois ob.

servé quelqu'un sur un méridien déterminé , on le pût voir des autres méridiens , avant qu'il se fût éloigné sensiblement de celui sur lequel il auroit été observé ; ou si l'on pouvoit trouver l'instant auquel le même Astre retourne au même méridien , après que l'on s'est transféré à un autre méridien éloigné : on pourroit trouver des autres lieux d'où cet Astre seroit visible , la différence des méridiens , & les Longitudes presque avec autant de justesse que nous trouvons les Latitudes.

Mais il n'y a point d'Etoile fixe , qui par sa révolution journalière d'Orient en Occident ne s'éloigne du même méridien en une ou deux secondes de temps , plus qu'elle ne s'éloigne du même Parallele en une ou deux années ; & il n'est pas aisé de tenir un compte si exact du temps qui coule après qu'un Astre est passé par un certain méridien , que l'on puisse sçavoir après un long voyage , à quel instant le même Astre retourne sur les méridiens où il a été observé.

C'est pourquoy l'on s'est étudié de trouver le moyen d'observer en même temps de divers lieux éloignez les distances du Soleil aux méridiens de ces lieux ; & la différence entre les deux distances prise au même instant est la mesure de la différence de leurs Longitudes. Et comme le commencement & la fin des Eclipses de Lune , qui arrivent à son entrée dans l'ombre de la Terre & à sa sortie , peuvent être vûs au même instant de divers lieux de la Terre éloignez les uns des autres , on a marqué en divers lieux l'heure de ces Phases , qui donne la distance du Soleil au méridien ; & comparant ensuite ensemble les heures observées en divers lieux ou les distances du méridien qui en résultent , on a trouvé la différence des Longitudes qui est mesurée par la différence des distances entre le méridien du Soleil & les autres méridiens.

Il est vrai que les Anciens n'avoient gueres de ces Observations des Eclipses de Lune faites en même temps en

divers lieux ; de sorte que Ptolomée n'en rapporte qu'une seule dans sa Géographie entre Arbelles & Carthage : c'est pourquoi il fut obligé d'établir la plupart des Longitudes des lieux de la Terre par les distances itinéraires prises d'Occident en Orient sur les Paralleles à peu-près connus, supposant les nombres des stades compris dans un degré du grand Cercle de la Terre, & la proportion des degrés d'un grand Cercle à ceux de chaque Parallele : & il ne faut pas s'étonner, si ayant été obligé de se servir de cette méthode faite des Observations des Eclipses, il ne pût éviter de très-grandes erreurs dans l'établissement des Longitudes.

Ce n'est que depuis le siècle passé que l'on a un assez grand nombre d'Eclipses de Lune observées en divers lieux, dont une grande partie ont été comparées ensemble par le Pere Riccioli. On trouve, à la vérité, par cette comparaison, que la différence des méridiens entre deux Villes, qui doit être toujours la même par l'Observation de diverses Eclipses, & par celles de diverses Phases d'une même Eclipe paroît souvent différente, & que cette différence monte quelquefois à plusieurs degrés. Mais depuis que l'on s'est accoutumé à bien observer les Eclipses par des Lunettes, & qu'on a marqué non-seulement les Phases qu'on observoit auparavant, mais aussi l'immersion des Taches principales dans l'ombre & leur émerison, des Observateurs bien exacts ne different ordinairement plus d'une ou deux minutes d'heure dans la détermination des mêmes Phases, comme on peut voir par toutes les Observations faites à l'Observatoire Royal, dont une grande partie ont été publiées dans le Journal des Sçavans. Et comme on observe un grand nombre de Phases dans une même Eclipe, en prenant un milieu entre les différences, on approche de plus près de la vérité.

Ce peu de différence, qui est considérable dans la distance entre deux Villes prochaines, est tolérable dans les

grandes distances des lieux éloignez, que l'on ne sçauroit trouver avec plus de justesse par d'autres moyens.

Mais les Eclipses des Satellites de Jupiter que l'on a commencé d'observer de concert en divers lieux de la Terre, après que nous avons donné les Tables propres pour se préparer à les observer, supplée au défaut & à ce peu d'incertitude qui reste dans celles de Lune. C'est sur l'évidence de l'utilité de ces Observations, que l'on a entrepris de corriger la Géographie sous la protection de Sa Majesté, qui n'oubliant rien de ce qui peut être utile au Public, & glorieux pour son Regne, a envoyé de son Académie des Sciences, des Observateurs exercer dans l'Observatoire Royal, en diverses parties de l'Europe, de l'Afrique, de l'Amérique, & dernièrement aux extrémités de l'Asie, pour faire des Observations correspondantes à celles qui se font continuellement à l'Observatoire pour le même dessein.

A P P R O B A T I O N

de M M. de l'Académie Royale des Sciences,

Les Observations contenues en ce Livre, faites par les Peres Jesuites envoyez par le Roy aux Indes & à la Chine, pour y travailler aux Observations d'Astronomie & de Physique sous la protection de Sa Majesté, & sur les Memoires de l'Académie Royale des Sciences, ont été lûes dans l'Assemblée. La Compagnie les ayant examinées & conférées avec les siennes, a estimé que cet Ouvrage peut être fort utile pour perfectionner l'Astronomie, la Géographie & l'Histoire Naturelle. Fait à l'Académie le septième d'Avril 1688.

Signé, J. B. DU HAMEL, Secrétaire de l'Académie Royale.

OBSERVATIONS