

Toutes ces portions ont produit sur les essais les effets ordinaires : la masse noire restée dans la cornuë ne pesoit plus que sept onces six dragmes & après la calcination parfaite une once & demie, dont j'ay tiré à la maniere ordinaire quatre gros & demi de sel fixe.

M E T H O D E

De déterminer les longitudes des lieux de la terre par les Eclipses des Et des fixes & des Planetes par la Lune, pratiquée en diverses observations.

PAR M. CASSINI le fils.

1705.
2. Avril.

Les observations Astronomiques qui peuvent servir à trouver les longitudes de la terre avec une assez grande précision, meritent d'être employées à cet usage si nécessaire à la perfection de la Geographie & de la Navigation.

Les Anciens se servoient des Eclipses de Lune observées en même tems en differens lieux de la terre. Mais Ptolemée dans sa Geographie se plaint que de son tems on n'avoit que très-peu de ces observations, & ne parle que d'une Eclipse observée à Arbelle ville celebre par la victoire remportée par Alexandre en ce lieu-là, où il dit qu'elle arriva à 5 heures, & à Carthage à 2 heures, sans déterminer l'année ni le jour.

Pline rapporte aussi une Eclipse de Lune observée à Arbelle au tems de la victoire d'Alexandre à 2 heures, & en Sicile au lever de la Lune.

La rareté de ces observations obligeoit les Geographes à déterminer les longitudes par l'estime de la longueur des voyages, dans lesquelles on étoit si peu d'accord, que Marin Tirien, un des plus celebres Geographes de son tems, faisoit la longitude comprise entre les Isles Fortu-

nées & l'extrémité Orientale de la Chine de 225 degrez , au lieu que Ptolomée la trouvoit moins de 180 , de sorte qu'il y avoit entre l'un & l'autre une difference de plus de 45 degrez.

On a depuis observé un assez grand nombre d'Eclipses de Lune en differens lieux , & particulièrement dans les deux derniers siècles. On ne comparoit d'abord que le commencement & la fin de ces Eclipses observées en divers lieux, dans lesquelles il y avoit beaucoup d'ambiguité, à cause de la difficulté de distinguer l'ombre véritable de la terre qui arrive par la perte de presque tous les rayons du Soleil, de la penombre que l'on voit avant & après l'Eclipse véritable. On y a depuis ajouté l'Observation de l'Immersion & de l'Emerfion des Taches de la Lune dans l'ombre que l'on apperçoit avec plus d'évidence, ce qui donne le moyen de comparer ensemble un plus grand nombre de Phases , & de déterminer avec plus de précision la difference des Meridiens.

Depuis que l'on a trouvé la theorie du mouvement des Satellites de Jupiter, & que l'on a dressé des Tables pour déterminer leurs Eclipses qui sont tres-frequentes, on a expérimenté quelles sont plus faciles à déterminer avec exactitude que celles de la Lune auxquelles on les a préféré pour cet usage, & l'Academie Royale des Sciences les a pratiquées avec ses correspondans en toutes les quatre parties du monde; ce qui a servi à corriger les grandes erreurs qui se sont trouvées dans les Cartes Geographiques.

On a enfin déterminé par une methode nouvelle & exacte les longitudes d'un grand nombre de Villes considerables par les Eclipses du soleil, qui ont été exposées dans les Mémoires de l'Academie Royale des Sciences.

Après avoir pratiqué toutes ces methodes, je me suis appliqué à déterminer les longitudes de divers lieux par les Eclipses des Etoiles fixes & des Planetes par la Lune, dont l'on n'avoit fait encore aucun usage par la methode que je vais donner, & je les ay comparées avec celles

qui avoient été déterminées par diverses autres observations faites dans les mêmes lieux , afin de pouvoir connoître quelle est la précision que l'on peut attendre de ces sortes d'observations.

Cette methode quoyque fondée sur le même principe que celle que mon Pere a inventée pour calculer les Eclipses du Soleil, ne laisse pas d'en differer en plusieurs circonstances.

Premierement, parceque le centre du Soleil est toujours dans l'Ecliptique sans latitude, au lieu que les Etoiles fixes & les Planetes en ont presque toujours.

En second lieu, parceque dans les Eclipses du Soleil & dans ses autres conjonctions & oppositions avec la Lune, le mouvement apparent de la Lune est plus regulier, son diametre apparent & sa parallaxe plus faciles à déterminer qu'à diverses distances du Soleil.

En troisième lieu parceque la révolution journaliere du Soleil qu'il faut employer pour la recherche des longitudes, est celle qui mesure le tems dans lequel consiste la difference des Meridiens recherchée, au lieu que la révolution journaliere des Etoiles fixes ou des Planetes qu'il faut aussi employer dans la recherche des longitudes, n'est pas celle qui mesure le tems, quoyque la difference ne soit pas si grande qu'on ne la puisse souvent negliger sans erreur sensible.

En plusieurs autres circonstances la methode de se servir des Etoiles fixes est plus simple que celle qui emploie le Soleil, où il faut mettre en usage son mouvement propre son diametre & sa parallaxe ; ce qui n'arrive point dans les Eclipses des Etoiles fixes, dont le diametre apparent, même par les lunettes que l'on emploie à cet usage, n'est que de quelques secondes, qui n'ont point de parallaxe sensible, & dont le mouvement propre ne se peut point appercevoir dans l'espace d'un jour.

Dans les Eclipses des Planetes par la Lune, il faut avoir égard à leur mouvement propre, à leur diametre apparent, quelquefois à leur parallaxe lorsqu'elles sont près de la terre.

Ces diverses circonstances auxquelles il a fallu avoir égard pour employer les observations de ces Eclipses à déterminer les longitudes, m'ont porté à en décrire la méthode de la manière qui m'a paru la plus aisée à pratiquer, après avoir donné une idée générale de la théorie de ces Eclipses.

L'on considère d'abord que les rayons qui viennent du centre de l'Etoile *E* (*vide I Fig.*) & qui vont terminer en cone à la circonférence de la terre, passant par l'orbe de la Lune y occupent un espace circulaire *OB*, dont chaque point répond à quelque point de la terre *AC*, & y forment une projection de l'hémisphère de la terre qui est exposé directement à l'Etoile. Lorsque cette Etoile est fixe & qu'elle n'a par conséquent aucune parallaxe sensible, alors les rayons qui forment cette projection peuvent passer pour parallèles, & l'espace qu'ils occupent dans l'orbe de la Lune est censé égal à celui qui est compris par la circonférence de la terre; de sorte que le demi-diamètre de la terre vu de la Lune que l'on sçait être égal à la parallaxe horizontale de la Lune, est égal au demi-diamètre de cette projection.

Si cette Etoile avoit quelque parallaxe sensible, comme il arrive à quelques Planètes, principalement lorsqu'elles sont dans leur Périgée; alors le demi-diamètre de cette projection seroit plus petit que le demi-diamètre de la terre de la grandeur de cet angle, qu'il faudroit par conséquent retrancher de la parallaxe horizontale de la Lune.

Lorsque la Lune par son mouvement propre passe par l'endroit de son orbe où les rayons de l'Etoile ont formé cette projection de la terre, il est évident qu'elle interceptera les rayons de l'Etoile aux lieux de la terre qui répondent à chaque endroit de la projection par où elle passera, qui verront l'Eclipse de l'Etoile dans cet instant; & comme son mouvement propre se fait de l'Occident vers l'Orient, ceux qui sont à l'Occident l'appercevront ordinairement les premiers, & elle sera vûë successivement par les païs qui sont à l'Orient.

Pour déterminer quels sont les lieux qui doivent appercevoir cette Eclipe, il est nécessaire de représenter dans cette projection les lieux de la terre qui y répondent.

Soit donc AB le demi-diamètre du disque de la terre projeté dans l'orbe de la Lune, (*v. Fig. 2.*) l'Etoile en A dans le centre de cette projection, CV le cercle de déclinaison qui passe par l'Etoile & par le pôle du monde.

Si l'Etoile étoit sur l'Equinoxial sans aucune déclinaison, alors le rayon qui part du centre de l'Etoile & passe par le centre de la projection rencontreroit sur la surface de la terre quelque point de l'Equinoxial, & par conséquent l'Equinoxial seroit représenté dans la figure circulaire de la projection par un diamètre comme OB , & les deux pôles qui en sont éloignés de 90 degrés seroient sur la circonférence, le pôle Septentrional dans la partie supérieure en C , & le pôle Meridional dans l'inférieure en V . Les parallèles de chaque lieu de la terre seroient aussi représentés par des lignes droites parallèles à ce diamètre.

Mais si l'Etoile a quelque déclinaison de l'Equinoxial, alors le rayon qui va de l'Etoile au centre de la projection, termine à un point sur la terre dont la latitude répond à la déclinaison de l'Etoile, & qui par conséquent est éloigné de l'Equateur, lequel dans ce cas doit être représenté de même que les parallèles par des Ellipses, plus ou moins ouvertes, selon que la déclinaison est plus ou moins grande; & les pôles de la terre qui dans le premier cas étoient sur la circonférence du cercle, doivent être placés entre le centre & la circonférence.

L'on détermine la situation du pôle Septentrional, en prenant de côté & d'autre du point C des arcs CD , CE , égaux à la déclinaison de l'Etoile, & tirant la ligne DE qui coupe de cercle de déclinaison CV au point P .

Lorsque cette déclinaison est Septentrionale, alors l'Equinoxial doit être placé dans la Figure au-dessous du diamètre vers le midy, en sorte que le point A qui représente le lieu de l'Etoile soit à son égard au Septentrion, & par conséquent le pôle Septentrional sera en P dans l'hémis-

phere exposé à l'Etoile que j'appelle l'hémisphère supérieur.

Au contraire lorsque la déclinaison est Meridionale, alors l'Equinoxial doit être placé au-dessus du point *A*, & par conséquent le pôle Septentrional *P* sera de l'autre côté dans l'hémisphère inférieur.

Il faut maintenant considérer que pendant le tems de chaque Eclipse, le même lieu de la terre doit être représenté à diverses heures à divers endroits de son parallèle, à cause de la révolution journalière, soit qu'on l'attribue à l'Etoile & à l'orbe de la Lune dont le mouvement journalier est d'Orient en Occident, suivant l'hypothèse des anciens, ou à la révolution du globe de la terre dans le même espace de tems d'Occident vers l'Orient, suivant l'hypothèse moderne, qui représente le mouvement de chaque lieu de la terre suivant son parallèle.

L'on trace les parallèles de chaque lieu en prenant de côté & d'autre des points *D, C, E*, les arcs *CQ, CT, DF, DI & EH, GE* égaux au complément de la latitude du lieu dont l'on veut décrire les parallèles, & tirant par les points *H, I, Q, T, F, G* les lignes *HI, QT, FG* qui sont parallèles à *AB*, & coupent le cercle de déclinaison *CV* aux points *K, X, L*. Les deux extrêmes *K & L* terminent le petit diamètre de l'Ellipse; en sorte que le point *L* est au-dessus de la figure dans l'hémisphère exposé à l'Etoile & le point *K* au-dessous dans l'hémisphère inférieur, lorsque la déclinaison de l'Etoile est Septentrionale. Tout au contraire, lorsque la déclinaison est Meridionale, le point *K* est dans l'hémisphère exposé à l'Etoile, & le point *L* dans l'hémisphère inférieur.

Divisant *KL* en deux, l'on a le centre de l'Ellipse en *Z*, par lequel si l'on tire la droite *MN* parallèle à *QT*, & terminée en *M & N* par les perpendiculaires *QM & TN*, en sorte que *MN* soit égale à *QT*, la ligne *MN* est le grand diamètre de l'Ellipse qui passe par les points *M, K, N, L*, & qui représente le parallèle du lieu cherché.

Lorsque l'Etoile passe par le Meridien d'un lieu dont

l'an a décrit le parallèle, alors le Meridien de ce lieu concourt avec le cercle de déclinaison de l'Etoile qui est représenté dans cette figure par le diametre CV , qui passe par le pole P & par l'Etoile en A . Et comme la situation de chaque lieu sur la terre se détermine par l'interfection de son Meridien avec son parallèle, ce lieu doit être alors placé dans la figure, dans l'interfection de CV avec la partie de l'Ellipse exposée à l'Etoile qui est en L , lorsque la déclinaison de l'Etoile est Septentrionale, & en K lorsqu'elle est Meridionale.

Supposant que le cercle de déclinaison de l'Etoile soit fixe, quelque tems après le Meridien du lieu dont l'on a décrit le parallèle decline vers l'Orient de ce cercle; de sorte qu'ayant marqué dans l'interfection du parallèle avec le cercle de déclinaison l'heure du passage de l'Etoile par le Meridien, il faudra marquer l'heure suivante & les autres de suite d'Occident en Orient, qui représenteront dans cette projection le lieu apparent de l'Etoile à ces heures différentes.

Pour marquer ces heures sur les Ellipses qui représentent les parallèles, il faut décrire du centre Z à l'intervalle du grand diametre ZM , un cercle qu'on divisera en 24 parties, & tirer de ces divisions des perpendiculaires à ce diametre, qui diviseront l'Ellipse en autant de parties. L'intervalle entre ces divisions sera d'une heure moins 10 secondes dans les Eclipses des Etoiles fixes, à cause qu'elles font leur révolution 23 heures & 56 minutes. L'on peut dans la pratique négliger ces secondes, qui sont peu sensibles sur le parallèle.

Le pole du monde & les parallèles divisez en heure étant representez dans cette projection, il faut décrire ensuite la trace du mouvement propre de la Lune. Cette trace est différente en divers mois. Elle est toujours représentée par une ligne qui ne differe pas sensiblement d'une ligne droite, mais qui passe dans les diverses conjonctions de la Lune avec la même Etoile à diverses distances du centre, & avec des inclinaisons différentes aux lignes droi-
tes

tes qui représentent les diamètres de l'Equinoxial & des parallèles. Le mouvement horaire de la Lune par ces traces différentes, est aussi différent d'un mois à l'autre; ce qui arrive à cause de sa diverse distance à l'Apogée & au Périgée de la Lune & du Soleil, de même qu'à ses conjonctions, oppositions & quadratures avec le Soleil, qui sont autant de termes d'inégalité du mouvement propre de la Lune.

Pour décrire la trace de la Lune pour le temps proposé, l'on cherchera le parallaxe horizontale de la Lune, que l'on trouvera ou par les Tables, ou par l'observation du demi-diamètre de la Lune dans le tems de l'observation, & l'on divisera le demi-diamètre AB en autant de parties qu'il y a de minutes dans la parallaxe.

L'on cherchera aussi l'ascension droite & la déclinaison de l'Etoile pour le tems de la conjonction, de même que l'ascension droite & la déclinaison de la Lune pour ce tems, & pour quelques heures avant ou après. Il est avantageux d'avoir l'ascension droite & de la déclinaison de l'Etoile par le moyen des observations immédiates.

L'on prendra la différence entre l'ascension droite de la Lune & de l'Etoile à diverses heures, & on la réduira en degrés & minutes d'un grand cercle que l'on prendra sur les divisions de la ligne AB , & on la portera de A vers B , si l'ascension droite de la Lune est plus petite, & de A vers O , si elle est plus grande. Ayant ainsi marqué divers points comme b, d, e , l'on élèvera sur AO les perpendiculaires br, ds, eh , sur lesquels l'on prendra la différence entre la déclinaison de l'Etoile & celle de la Lune aux heures marquées, que l'on portera de A vers C lorsque la déclinaison de l'Etoile est Septentrionale, & en même tems plus petite que celle de la Lune; car si elle étoit plus grande, il faudroit la marquer de A vers V . Au contraire si la déclinaison de l'Etoile & de la Lune est Meridionale alors il faut marquer la différence de leur déclinaison de A vers C lorsque la déclinaison de l'Etoile est plus grande que celle de la Lune, & de A vers V lorsqu'elle est plus petite.

Il peut arriver aussi que l'Etoile & la Lune étant fort près de l'Equateur, la déclinaison de la Lune & celle de l'Etoile soient l'une Meridionale & l'autre Septentrionale; & alors il faut prendre leur somme, que l'on portera de V vers C lorsque la déclinaison de la Lune est Septentrionale; & de A vers V lorsqu'elle est Meridionale. La situation de la Lune à l'égard de l'Etoile étant ainsi déterminée à ces diverses heures, l'on tirera la ligne $h s r$, qui représente la trace que le centre de la Lune a décrit en passant par la projection du disque de la terre dans son orbite. L'on divisera chaque intervalle horaire en 60 minutes, & l'on marquera sur cette trace les heures auxquelles l'on a déterminé l'ascension droite & la déclinaison de l'Etoile. Ces heures seront disposées suivant la suite des signes, & sont celles que l'on compte pour le Meridien du lieu auquel l'on veut comparer les observations faites en divers autres endroits.

Le centre de la Lune faisant son mouvement sur cette trace d'Occident en Orient, son bord Oriental rencontrera successivement divers points des parallèles qui se trouvent sur sa route, auxquels il interceptera les rayons de l'Etoile, & c'est à quoi l'on a égard pour déterminer les longitudes. Car chaque observateur comptant dans l'instant que le bord de la Lune lui intercepte les rayons de l'Etoile, c'est-à-dire, dans l'instant qu'il observe l'Eclipse l'heure qui est marquée sur son parallèle, la différence qui est entre cette heure & celle qui est marquée sur la trace de la Lune, laquelle est décrite pour un Meridien déterminé, est la différence entre le Meridien de ce lieu, & le Meridien fixe auquel l'on compare les autres observations. Il en est de même lorsqu'après que l'Etoile a été couverte pendant un certain tems, la Lune vient à la quitter par son bord Occidental.

Pour déterminer le tems de ces Phases, l'on prend sur AB avec un compas les minutes du demi-diamètre de la Lune & posant une pointe sur le parallèle à l'heure que l'on a observé l'Immersion de l'Etoile, l'on porte à cet

intervalle vers l'Orient l'autre pointe sur l'orbite de la Lune.

L'on place aussi sur le même parallèle une pointe du compas à l'heure que l'on a observé l'Emerfion, & l'on porte l'autre vers l'Occident sur la trace de la Lune.

Si l'on a déterminé exactement le lieu de la Lune, ou par des observations immédiates, ou par des Tables, les pointes du compas marqueront sur l'orbite de la Lune les mêmes heures que sur le parallèle, puisque lorsque l'Étoile nous a paru entrer dans la Lune ou en sortir, elle étoit éloignée du centre de la Lune de la grandeur de son demi-diamètre: mais s'il y a quelque différence, comme il arrive souvent lorsque l'on se sert des Tables, à cause que l'on ne peut pas déterminer le lieu de la Lune avec la précision avec laquelle l'on calcule les Eclipses de la Lune & du Soleil, la Lune ayant deux équations hors de ses conjonctions & oppositions avec le Soleil: Alors il faut corriger le lieu de la Lune en cette manière.

L'on place une pointe du compas sur l'heure à laquelle l'on a observé l'immersion, & l'on décrit à l'intervalle du demi-diamètre de la Lune un arc de cercle vers l'Occident.

L'on place ensuite une pointe du compas sur l'heure du parallèle à laquelle l'on a observé l'Emerfion, & l'on décrit au même intervalle un arc de cercle vers l'Orient.

L'on prend ensuite sur les divisions horaires de la trace de la Lune, l'intervalle qui s'est écoulé entre les deux observations, qui est le tems de la durée de l'Eclipse, & on le place en α & β , en sorte que la ligne $\alpha\beta$ terminée par les deux arcs de cercle soit parallèle à l'orbite de la Lune. L'on marque en α l'heure de l'Immersion, & en β celle de l'Emerfion, & l'on divise cette intervalle en minutes, qui font de la même grandeur que celles qui étoient marquées sur l'orbite h, s, r .

Supposant l'observation exacte, cette ligne $\alpha\beta$ représente la trace véritable de la Lune. Car la direction de l'orbite de la Lune, & son mouvement horaire tiré des

Tables dont l'on se sert dans cette correction, ne peuvent pas differer sensiblement de la direction de l'orbite & du mouvement horaire veritable.

L'orbite de la Lune étant ainsi corrigée, si l'on veut connoître les difference des Meridiens entre le lieu pour lequel on a déterminé la situation de la Lune, & un autre où l'on a observé la même Eclipsé; il faut placer sur le parallele de ce lieu une pointe de compas sur l'heure à laquelle l'on a observé l'Immersion de l'Etoile, & décrire vers l'Occident à l'intervalle du demi-diametre de la Lune, un arc de cercle qui coupe la trace veritable du centre de la Lune ab prolongée, s'il est necessaire, de côté ou d'autre. La difference qui est entre l'heure marquée sur la trace de la Lune par cette intersection & l'heure de l'observation, est la difference des Meridiens entre le lieu de l'observation & celui au Meridien duquel l'on a déterminé le lieu de la Lune: car l'heure ou la pointe du compas est placée sur le parallele d'un lieu, & celle que l'observateur compte dans l'instant de l'observation; & l'heure où est placée l'autre pointe du compas sur la trace de la Lune, est celle que l'on compte au même instant dans le lieu au Meridien duquel l'on a déterminé la situation de la Lune. Or la difference entre l'heure que l'on compte en divers lieux dans le même instant, est la difference des Meridiens.

L'on détermine aussi la difference des Meridiens par l'observation de l'Emersion, en plaçant une pointe du compas sur le parallele à l'heure de l'observation, & portant l'autre pointe vers l'Orient. La difference entre les heures marquées par ces pointes, est la difference des Meridiens qui doit être la même que celle qui résulte de l'Immersion, supposé que la figure ait été décrite exactement, & que les observations aient été faites avec soin de part & d'autres.

Voicy diverses observations d'Eclipses des Etoiles fixes & des Planettes par la Lune qui ont été faites depuis quelques années, comparées à celles qui ont été faites en même tems par nos Correspondans en diverses Villes, à Mar-

faite par le P. Laval Jesuite & par le Pere Feuillée Minime, & à Bologne par M^{rs} Manfredi & Stancari. Quelques-unes de ces observations ont été inserées dans les Memoires de l'Academie Royale des Sciences.

La premiere est une Eclipe de l'œil du Taureau Aldebaram par la lune, qui fût observée en même tems à Paris & à Bologne le 19 Août 1699.

1^h 41' 30" du matin à Paris Immersion d'Aldebaram dans la partie claire de la Lune.

2^h 19' 20" Emerfion d'Aldebaram de la partie obscure de la Lune.

2^h 6' 39" du matin à Bologne Immersion d'Aldebaram dans la partie claire de la Lune.

3^h 5' 25" Emerfion de la partie obscure.

Ayant dressé une figure de la maniere qui a été décrite cy-dessus, où l'on a déterminé le pole Septentrional, les paralleles de Paris & de Bologne, & la trace que la Lune a décrite en passant par la projection de la terre dans son orbe, l'on a déterminé par l'Observation de l'Immersion la difference des Meridiens entre Paris & Bologne de 36' 53" d'heure, & par l'Emerfion de 36' 35".

La seconde observation est l'Eclipe de la même Etoile par la Lune, qui a été faite en même tems à Bologne & à Marseille le 2. Janvier 1700.

6^h 31' 33" du soir à Marseille Immersion d'Aldebaram dans la partie obscure de la Lune.

7^h 42' 32" à Marseille Emerfion de la partie claire.

7^h 3' 42" à Bologne Immersion dans la partie obscure.

8^h 16' 32" Emerfion.

Cette Eclipe n'ayant point été observée à Paris, l'on a tracé dans la Figure qui represente la projection de la terre dans l'orbe de la Lune les paralleles de Marseille & de Bologne, & l'on y a décrit la trace de la Lune pour le Meridien de Marseille.

Par l'observation de l'Immersion dans la partie obscure, l'on a déterminé la difference des Meridiens entre Bologne & Marseille de 24' 22", & par celle de l'Emerfion de 24' 2".

Prenant le milieu entre ces differences, & y ajoutant la difference des Meridiens entre Paris & Marseille, que l'on a déterminé par les Satellites de Jupiter de $12' 30''$, l'on aura la difference des Meridiens entre Paris & Bologne de $36' 42''$ peu differente de celle que l'on a trouvée par les observations précédentes.

Il faut remarquer icy qu'il y a une erreur dans l'observation d'Aldebaram faite à Bologne le 2 Janvier 1700, rapportée dans les Memoires de l'Academie 1701, où il faut lire $7^h 3' 42''$ à la place de $7^h 3' 32''$, & $8^h 16' 32''$ à la place de $8^h 12' 23''$.

La troisième observation est aussi une Eclipse d'Aldebaram qui a été observé à Paris, à Perpignan, à Marseille & à Bologne le 16 Fevrier 1701.

Nous étions alors à Perpignan occupez à prolonger la ligne Meridienne de l'Observatoire.

$6^h 30' 10''$ du soir à Perpignan Immersion d'Aldebaram dans la partie obscure de la Lune.

$7^h 44' 10''$ Emerfion d'Aldebaram de la partie claire.

$6^h 43' 8''$ à Paris Immersion d'Aldebaram à quelques secondes près, à cause des nuages qui couvrirent ensuite le Ciel; desorte qu'on ne pût observer l'Emerfion.

$6^h 46' 18''$ à Marseille Immersion d'Aldebaram.

$7^h 58' 23''$ Emerfion.

$7^h 21' 19''$ à Bologne Immersion d'Aldebaram.

$8^h 30' 13''$ Emerfion.

Cette Eclipse ayant été observée en quatre endroits differens, je l'ay choisie pour donner un exemple de la methode qu'il faut pratiquer pour déterminer les longitudes par ces sortes d'observations.

Ayant décrit le cercle $OCBF$ qui represente la projection du disque de la terre dans l'orbe de la Lune, jay tiré à angles droits les deux diametres OB , CF , dont l'un represente le cercle de declinaison, & l'autre le diametre de l'Equinoxial. L'on a divisé OB en minutes, ensorte que AB soit égale à la parallaxe horizontale de la Lune qui

étoit alors de $58' 5''$. J'ay pris de côté & d'autre du point C , CD, CE égales à la déclinaison Septentrionale d'Aldebaram qui étoit alors de $15^{\text{d}} 52' 10''$, & j'ay tiré la ligne DE qui coupe le cercle la déclinaison au point P , qui représente le pole septentrional, lequel est dans ce cas dans l'hémisphere exposé à l'Etoile. J'ay pris de côté & d'autre des points $D, C, E; CQ, CT, DF, DT, EH, EG$ égales à $41^{\text{d}} 9' 50''$ complément de la hauteur du pole de Paris, & j'ay tiré les lignes HKI, QI, FG . Ayant ensuite divisé KL en deux parties égales en Z , j'ay tiré par Z la ligne MZN parallèle à QT , sur laquelle j'ay abaissé les deux perpendiculaires QM & TN , & j'ay tracé par les points $DMKN$ une Ellipse qui représente le parallele de Paris. La hauteur du pole de Perpignan étant connue de $42^{\text{d}} 41'$, celle de Marseille de $43^{\text{d}} 17'$ & celle de Bologne de $44^{\text{d}} 30'$ j'ai décrit de la même maniere les Ellipses qui représentent les paralleles de ces Villes, & j'ay placé dans les intersections L, l , de la partie supérieure de ces Ellipses avec le cercle de déclinaison CV , l'heure du passage de l'Etoile par le Meridien qui est arrivé à Paris à $6^{\text{h}} 18' 25''$.

Le passage de la lune par le Meridien fut observé à Paris le 16 Fevrier à $6^{\text{h}} 17' 20''$, & la hauteur Meridienne de son bord supérieur de $57^{\text{d}} 0' 0''$; ce qui donne son ascension droite de $64^{\text{d}} 29' 20''$, & sa déclinaison Septentrionale de $16^{\text{d}} 5' 26''$. L'Ascension droite d'Aldebaram étoit alors de $64^{\text{d}} 44' 0''$, & sa déclinaison Septentrionale de $15^{\text{d}} 52' 10''$. La difference entre l'ascension droite de l'Etoile & celle de la Lune étoit donc à $6^{\text{h}} 17' 20''$ à Paris de $14' 40''$, & la difference de déclinaison de $13' 15''$.

Les minutes de la difference d'ascension droite étant sur un parallele, on les a réduites en minutes de degré d'un grand cercle, & l'on a eu $14' 5''$ que l'on a pris sur les divisions de AB , & que l'on a porté de A vers B , à cause que l'ascension droite de la Lune étoit plus petite que celle d'Aldebaram. L'on a réduit aussi en minutes d'un grand cercle le mouvement horaire de la Lune en ascension droite, calculé par les Tables, & corrigé par les observations,

qui étoit alors de $33'0''$, & l'on a eu $31'42''$ que l'on a porté de b en d , & de d en e . La déclinaison Septentrionale de la Lune étant plus grande que celle d'Aldebaram, l'on a élevé des trois points déterminez par l'ascension droite des perpendiculaires de A vers C , sur lesquelles l'on a pris la différence entre la déclinaison de l'Etoile & celle de la Lune qui convient à chaque heure, & qui étoit à $6^h 17' 20''$ de $13' 15''$, à $7^h 17' 20''$ de $19' 15''$, & à $8^h 17' 20''$ de $25' 15''$. & l'on a tiré par ces trois points une ligne qui représente la trace que le centre de la Lune a décrite depuis $6^h 17' 20''$, jusqu'à $8^h 17' 20''$. Après avoir divisé chacune de ces heures en 60 minutes, l'on a pris sur les divisions de la ligne AB $15' 33''$, qui sont égales au demi-diametre horizontal de la Lune; & ayant placé une des pointes du compas à $6^h 30' 18''$, qui est le tems que l'on a observé l'Immersion d'Aldebaram à Perpignan, l'on a décrit vers l'Occident un arc de cercle qui a coupé l'orbite de la Lune à $6^h 29' 0''$. L'on a ensuite porté une des pointes du compas à $7^h 44' 10''$ heure de l'Emerfion, & l'on a décrit vers l'Orient un autre arc de cercle qui a coupé l'orbite à $7^h 44' 30''$, ce qui donne le tems de la durée de l'Eclipse de $1^h 12' 30''$ plus petit d'une minute & 20 seconde que celui qu'on a trouvé par l'observation; ce qui marque que la trace de la Lune décrite cy-dessus n'est pas dans sa situation exacte, & qu'il est necessaire d'y faire quelque correction. Supposant donc l'inclinaison de l'orbite & son mouvement horaire déterminez exactement, l'on a pris sur l'orbite de la Lune $1^h 13' 50''$ durée de l'Eclipse, & on les a placez entre les deux arcs de cercle qui ont été décrits cy-dessus, enforto que la ligne terminée par ces arcs fût parallele à la premiere trace de la Lune. Cette ligne représente l'orbite véritable de la Lune que l'on a plongé de côté & d'autre, & sur laquelle l'on a marqué les heures qui répondent au Meridien de Perpignan.

Pour déterminer presentement la difference des Meridiens entre Perpignan & Paris, l'on a placé une pointe du compas sur la parallele de Paris à $6^h 43' 8''$ heure de l'immersion,

merfion, & l'on a porté à l'intervalle du demi-diametre de la Lune l'autre pointe sur l'orbite, où elle a marqué $6^h 45' 50''$: la difference entre ces heures qui est de $2' 42''$, est la difference des Meridiens entre Paris & Perpignan, dont Perpignan est plus à l'Orient, à cause que l'heure marquée sur la trace de la Lune est plus grande que sur le parallele de Paris.

L'on a determiné de la même maniere la difference des Meridiens entre Perpignan & Marseille par l'Immerfion de $10' 28''$ & par l'Emerfion de $10' 18''$, & entre Perpignan & Bologne par l'Immerfion de $33' 39''$ & par l'Emerfion de $34' 23''$.

En prenant un milieu entre les differences qui résultent des observations de Marseille & de Bologne, & y ajoutant la difference des Meridiens entre Paris & Perpignan que l'on a déterminé par les triangles de la Meridienne de $2' 12''$, l'on aura la difference des Meridiens entre Paris & Marseille de $12' 35''$, & entre Paris & Bologne de $36' 13''$, ce qui s'accorde à celles que l'on a trouvé par plusieurs observations des Satellites de Jupiter.

La quatrième observation est une Eclipsé de Jupiter par la Lune, qui fut observée en plein jour à Paris & à Bologne le 27 Juillet 1704.

$1^h 22' 57''$ après midy à Paris le bord précédent de Jupiter touchoit le bord éclairé de la Lune.

$1^h 24' 20''$ Jupiter est entré entierement.

$2^h 7' 29''$ Jupiter est entierement sorti.

$2^h 6' 18''$ à Bologne Jupiter touchoit le bord éclairé de la Lune.

$2^h 7' 48''$ Jupiter est entré entierement.

$2^h 51' 38''$ Jupiter est entierement sorti.

Le diametre de Jupiter qui étoit d'environ 45 secondes étant sensible, l'on y a eu égard dans la comparaison de cette observation. L'on a eu aussi égard à son mouvement en ascension droite & en declinaison; mais on a negligé la parallaxe, qui n'étant que de deux secondes, ne peut pas diminuer sensiblement la projection de la terre dans l'orbite de la Lune.

Par la premiere observation faite de part & d'autre lorsque Jupiter touchoit la Lune, l'on a déterminé la différence des Meridiens entre Paris & Bologne de $36' 18''$ d'heure, par la seconde de $36' 18''$ précisément de même que par la précédente, & par la troisième de $35' 48''$.

Toutes les observations que je viens de rapporter s'accordent à déterminer les différences des Meridiens à quelques secondes près de celles qui résultent des observations des Satellites de Jupiter, que l'on a jugé jusqu'à présent les plus propres à cet usage; ce qui fait voir l'utilité que l'on peut tirer de ces sortes d'observations.

L'on peut se servir non-seulement des Etoiles principales qui sont à 5 ou 6 degrez de côté & d'autre de l'Ecliptique, & qui se voient avec la Lune par de petites Lunettes, même des Etoiles moins considerables qui sont à cette distance de l'Ecliptique en employant de plus grandes Lunettes, & se préparant de concert pour observer le tems de leur conjonction avec la Lune.

Dans les observations des Eclipses des Etoiles fixes, il faut toujours préférer la différence qui résulte de l'observation faite dans la partie obscure de la Lune; car alors divers Observateurs dans un même lieu l'apperçoivent dans le même instant, quoyqu'avec des Lunettes d'une grandeur fort différente, comme nous l'avons expérimenté plusieurs fois.

Il y a même apparence que la différente serenité de l'air dans les divers lieux où l'on fait les observations, ne peut pas faire d'erreur considerable dans la détermination des longitudes par cette methode, puisque pour l'ordinaire les Etoiles fixes paroissent ou disparoissent dans un même instant, sans augmenter ou diminuer de grandeur, comme font les Satellites de Jupiter, qui demandent pour l'ordinaire de plus longues Lunettes, avec une réduction quand elles sont de différente longueur, des Observateurs plus exercés, & une même disposition d'air de part & d'autre.

L'exactitude que l'on a trouvé dans la détermination des

longitudes par cette methode, pourra engager les Astronomes à observer avec affiduité les Eclipses des Etoiles par la Lune, & à se les communiquer les uns aux autres pour en tirer cet usage, qui contribuera à la perfection de la Geographie & de la Navigation.

E X P E R I E N C E S

P H Y S I Q U E S

*Sur la Refraction des balles de Mousquet dans l'eau,
& sur la résistance de ce fluide.*

P A R M. C A R R E'.

Comme il y a plusieurs personnes qui doutent si les balles de mousquet souffrent refraction, c'est à dire quelque changement dans la détermination de leur mouvement lorsqu'elles sont tirées obliquement dans l'eau, & que j'ay avancé ce fait comme certain dans un de mes Ecrits *, après quelques Auteurs; j'ay prié un de mes amis qui est depuis quelque tems à sa maison de campagne de tâcher de l'éclaircir & de le verifier, & voici les experiences qu'il en a faites, que j'ay extraites de différentes Lettres qu'il m'a écrites.

1705
11. Juillet.

* Voyez
l'Histoire de
l'Academie
de 1702.

1°. J'ay tiré avec un fusil chargé à balle, deux coups dans un bassin de pierre plein d'eau, de deux pieds & demi de diametre, & profond de 16 pouces, sous un angle de 20 degrés, & sous celui de 80; mais je n'ay pû m'appercevoir si les balles souffrent quelque changement dans la détermination de leur mouvement, parceque le grand effort de l'eau contre les parois du bassin où j'avois mis des ais, les a toujours dérangez. Cet effort est si grand qu'ayant tiré trois coups de fusil dans des benes pleines d'eau, elles ont été incontinent brisées, & c'étoit les cerceaux d'embas que l'eau faisoit casser. Pour m'assurer davantage si c'étoit le