

IX E 281







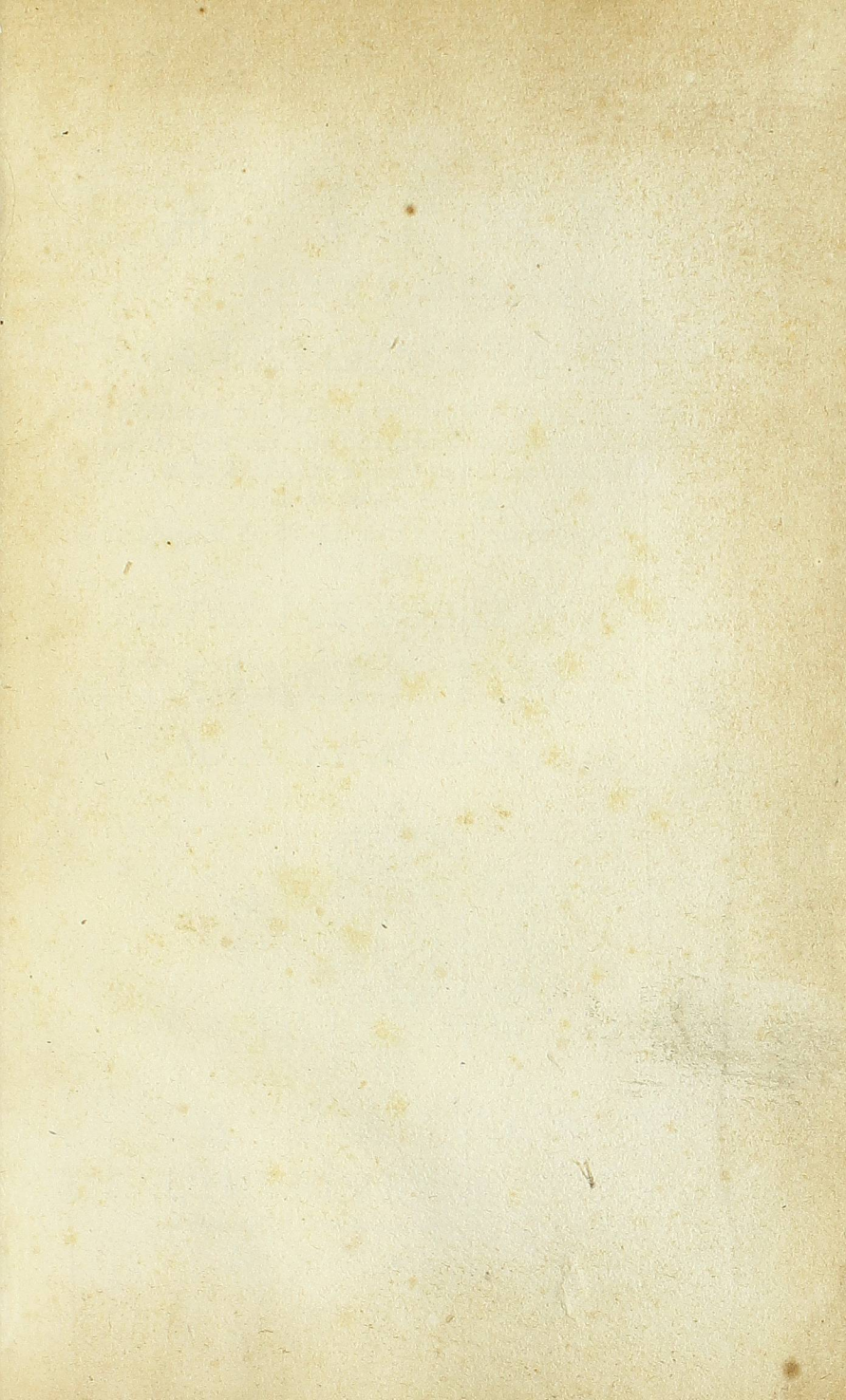




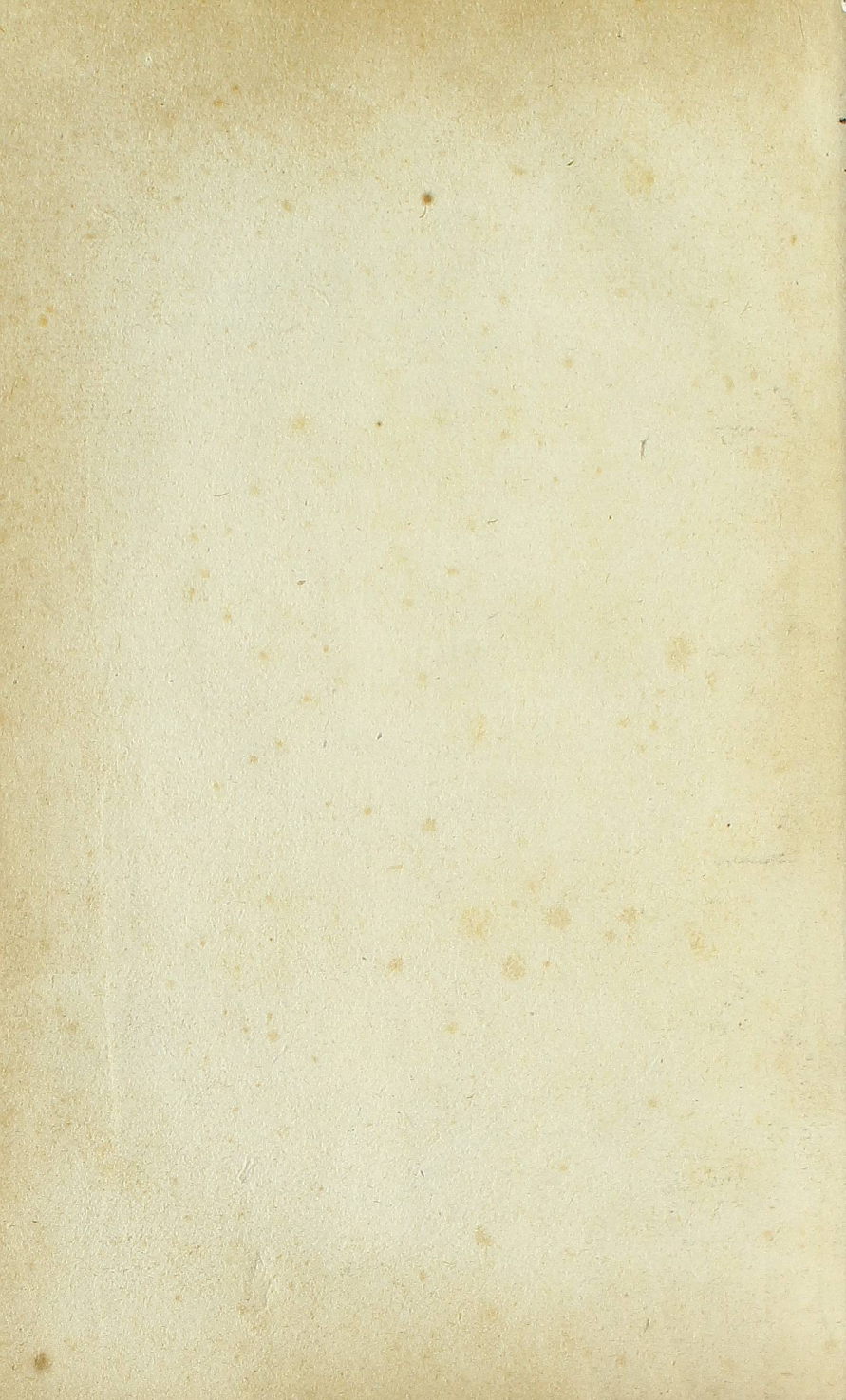
N<sup>o</sup> 95-n  
P  
r

153  
—  
3128 1/2











20201  
LA FIGURE  
DE *no 240/8*  
LA TERRE,

DETERMINEE

PAR LES OBSERVATIONS

De Messieurs DE MAUPERTUIS, CLAIRAUT, CAMUS,  
LE MONNIER, de l'Académie Royale des Sciences,  
& de M. l'Abbé OUTHIER, Correspondant  
de la même Académie,

Accompagnés de M. CELSIUS, Professeur d'Astronomie  
à Upsal,

FAITES PAR ORDRE DU ROY  
AU CERCLE POLAIRE.

Par M. DE MAUPERTUIS.



T. 3.

A PARIS, 482  
DE L'IMPRIMERIE ROYALE.

M. DCCXXXVIII.

БИБЛИОТЕКА  
ГРАЂЕВИНОКОГ ФАКУЛТЕТА

3231









## \* P R E F A C E.

L'INTEREST que tout le monde prend à la fameuse question de la Figure de la Terre, ne nous a point permis de différer de publier cet Ouvrage, jusqu'à ce qu'il parût dans le recueil des Mémoires qui sont lûs dans nos Assemblées. Comme nous voulons exposer toute notre opération au plus grand jour, afin que chacun puisse juger de son exactitude, nous donnons nos observations elles-mêmes, telles qu'elles se sont trouvées sur les registres de M.<sup>rs</sup> Clairaut, Camus, le Monnier, Celsius, l'Abbé Outhier, & sur le mien, qui se sont tous trouvés conformes les uns aux autres, sans y faire aucune des corrections qu'ont faites ceux qui nous ont donné de pareils ouvrages: ils ne nous ont donné que les triangles corrigés, & la somme

\* Cette Préface a été lûe dans l'Assemblée publique de l'Académie Royale des Sciences, le 16 Avril 1738.



de leurs angles réduite à 180 degrés juste ; & que les milieux des observations pour la détermination de l'Amplitude de l'arc qu'ils ont mesuré, sans donner les observations elles-mêmes.

Nous avons cru devoir au Lecteur, la satisfaction de voir les observations telles qu'elles ont été faites ; la manière dont elles s'approchent ou s'écartent les unes des autres, le mettra à portée de juger du degré de précision qui s'y trouve, ou qui y manque. Enfin il pourra faire lui-même les corrections comme il jugera, & comparer les différents résultats que produiroient des corrections autrement faites que les nôtres.

Il fera peut-être bon maintenant de dire quelque chose de l'utilité de cette entreprise, à laquelle est jointe celle du Pérou, qui précéda la nôtre, & qui n'est pas encore terminée.

Personne n'ignore la dispute qui a duré 50 ans entre les Sçavants, sur la Figure de la Terre. On sçait que les uns croyoient que cette figure étoit celle



d'un Sphéroïde applati vers les Poles, & que les autres croyoient qu'elle étoit celle d'un Sphéroïde allongé. Cette question, à ne la regarder même que comme une question de simple curiosité, seroit du moins une des plus curieuses dont se puissent occuper les Philosophes & les Géometres. Mais la découverte de la véritable figure de la Terre a des avantages réels, & très-considérables.

Quand la position des lieux seroit bien déterminée sur les Globes & sur les Cartes, par rapport à leur Latitude & leur Longitude, on ne sçauroit connoître leurs distances, si l'on n'a la vraie longueur des degrés, tant du Méridien, que des Cercles paralleles à l'Équateur. Et si l'on n'a pas les distances des lieux bien connues, à quels périls ne sont pas exposés ceux qui les vont chercher à travers les Mers!

Lorsqu'on croyoit la Terre parfaitement sphérique, il suffisoit d'avoir un seul degré du Méridien bien mesuré; la longueur de tous les autres étoit la

même, & donnoit celle des degrés de chaque parallele à l'E'quateur. Dans tous les temps, de grands Princes, & de célèbres Philosophes avoient entrepris de déterminer la grandeur du degré; mais les mesures des Anciens s'accordoient si peu, que quelques-unes différoient des autres de plus de la moitié; & si l'on adjoûte au peu de rapport qu'elles ont entr'elles, le peu de certitude où nous sommes sur la longueur exacte de leurs Stades & de leurs Milles, on verra combien on étoit éloigné de pouvoir compter sur les mesures de la Terre qu'ils nous ont laissées. Dans ces derniers temps on avoit entrepris des mesures de la Terre, qui, quoiqu'elles fussent exemptes de ce dernier inconvénient, ne nous pouvoient guères cependant être plus utiles. Fernel, Snellius, Riccioli nous ont donné des longueurs du degré du Méridien, entre lesquelles, réduites à nos mesures, il se trouve encore des différences de près de 8000 toises, ou d'environ la septième



partie du degré. Et si celle de Fernel s'est trouvée plus juste que les autres, la preuve de cette justesse manquant alors, & les moyens dont il s'étoit servi, ne la pouvant faire présumer, cette mesure n'en étoit pas plus utile, parce qu'on n'avoit point de raison de la préférer aux autres.

Nous ne devons pas cependant passer sous silence, une mesure qui fut achevée en Angleterre en 1635, parce que cette mesure paroît avoir été prise avec soin, & avec un fort grand instrument. Norwood observa en deux années différentes, la hauteur du Soleil au Solstice d'été à Londres & à York, avec un Sextant de plus de 5 pieds de rayon, & trouva la différence de Latitude entre ces deux villes, de  $2^{\circ} 28'$ . Il mesura ensuite la distance entre ces deux villes, observant les angles de détour, les hauteurs des collines & les descentes; & réduisant le tout à l'arc du Méridien, il trouva 9149 chaînes pour la longueur de cet arc, qui, comparée à la différence en latitude,

lui donnoit le degré de 3709 chaînes  
5 pieds, ou de 367196 pieds Anglois,  
qui font 57300 de nos toises.

Louis XIV. ayant ordonné à l'Académie, de déterminer la grandeur de la Terre, on eut bien-tôt un ouvrage qui surpassa tout ce qui avoit été fait jusques-là. M. Picard, d'après une longue base exactement mesurée, détermina par un petit nombre de Triangles, la longueur de l'arc du Méridien compris entre Malvoisine & Amiens, & la trouva de 78850 toises. Il observa avec un Secteur de 10 pieds de rayon, armé d'une Lunette de la même longueur, la différence de Latitude entre Malvoisine & Amiens. Et ayant trouvé cette différence de  $1^{\circ} 22' 55''$ , il en conclut le degré de 57060 toises.

On pouvoit voir par la méthode qu'avoit suivie M. Picard, & par toutes les précautions qu'il avoit prises, que sa mesure devoit être fort exacte: & le Roy voulut qu'on mesurât de la sorte tout le Méridien qui traverse la France.



M. Cassini acheva cet ouvrage en 1718; il avoit partagé le Méridien de la France en deux arcs, qu'il avoit mesurés séparément; l'un de Paris à Collioure, lui avoit donné le degré de 57097 toises; l'autre de Paris à Dunkerque, de 56960 toises: & la mesure de l'arc entier entre Dunkerque & Collioure, lui donnoit le degré de 57060 toises, égal à celui de M. Picard.

Enfin, M. Musschenbroek, jaloux de la gloire de sa nation, à laquelle il contribuë tant, ayant voulu corriger les erreurs de Snellius, tant par ses propres observations, que par celles de Snellius même, a trouvé le degré entre Alcmaer & Bergopsom, de 29514<sup>perches</sup> 2<sup>pieds</sup> 3<sup>pouces</sup>, mesure du Rhin, qu'il évaluë à 57033<sup>toises</sup> 0<sup>pieds</sup> 8<sup>pouces</sup> de Paris.

Les différences qui se trouvent entre ces dernières mesures, sont si peu considérables, après celles qui se trouvoient entre les mesures dont nous avons parlé, qu'on peut dire qu'on avoit fort exacte-

ment la mesure du degré dans ces climats, & qu'on auroit connu fort exactement la circonférence de la Terre, si tous ses degrés étoient égaux, si elle étoit parfaitement sphérique.

Mais pourquoi la Terre seroit-elle parfaitement sphérique? Dans un siècle où l'on veut trouver dans les Sciences toute la précision dont elles sont capables, on n'avoit garde de se contenter des preuves que les Anciens donnoient de la sphéricité de la Terre. On ne se contenta pas même des raisonnements des plus grands Géometres modernes, qui, suivant les loix de la Statique, donnoient à la Terre la figure d'un Sphéroïde applati vers les Poles; parce qu'il sembloit que ces raisonnements tinssent toujours à quelques hypotheses, quoique ce fût de celles qu'on ne peut guères se dispenser d'admettre. Enfin, on ne crut pas les observations qu'on avoit faites en France, suffisantes pour assurer à la Terre la figure du Sphéroïde allongé qu'elles lui donnoient.



Le Roy ordonna qu'on mesurât le degré du Méridien vers l'*E'quateur*, & vers le *Cercle Polaire* ; afin que non-seulement la comparaison de l'un de ces degrés avec le degré de la France, fit connoître si la Terre étoit allongée ou aplatie, mais encore que la comparaison de ces deux degrés extrêmes l'un avec l'autre, déterminât sa figure le plus exactement qu'il étoit possible.

On voit en général, que la figure d'un Sphéroïde aplati, tel que M. Newton l'a établi, & celle d'un Sphéroïde allongé, tel que celui dont M. Cassini a déterminé les dimensions dans le *Livre de la Grandeur & Figure de la Terre*, donnent des distances différentes pour les lieux placés sur l'un & sur l'autre aux mêmes Latitudes & Longitudes ; & qu'il est important pour les Navigateurs de ne pas croire naviguer sur l'un de ces Sphéroïdes lorsqu'ils sont sur l'autre. Quant aux lieux qui seroient sous un même Méridien, la différence entre ces distances ne seroit pas fort considérable.

Mais pour des lieux situés sous le même parallèle, il y auroit de grandes différences entre leurs distances sur l'un ou sur l'autre Sphéroïde. Sur des routes de 100 degrés en Longitude, on commettrait des erreurs de plus de 2 degrés, si naviguant sur le Sphéroïde de M. Newton, on se croyoit sur celui du Livre de la Grandeur & Figure de la Terre : Et combien de Vaisseaux ont péri pour des erreurs moins considérables !

Il y a une autre considération à faire : c'est qu'avant la détermination de la Figure de la Terre, on ne pouvoit pas sçavoir si cette erreur ne seroit pas beaucoup plus grande. Et en effet, suivant nos mesures, on se tromperoit encore plus, si l'on se croyoit sur un Sphéroïde allongé, lorsqu'on navigue suivant les Paralleles à l'Équateur.

Je ne parle point des erreurs qui naîtroient dans les routes obliques, le calcul en seroit inutile ici ; on voit seulement assés que ces erreurs seroient d'autant plus grandes, que ces routes



approcheroient plus de la direction parallele à l'E'quateur.

Les erreurs dont nous venons de parler, méritent certainement qu'on y fasse une grande attention : mais si le Navigateur ne sent pas aujourd'hui toute l'utilité dont il lui est que la Figure de la Terre soit bien déterminée ; ce n'est pas la sûreté qu'il a d'ailleurs, qui l'empêche d'en connoître toute l'importance ; c'est plutôt ce qui lui manque. Il est exposé à plusieurs autres erreurs dans ce qui regarde la direction de sa route, & la vitesse de son Vaisseau, parmi lesquelles l'erreur qui naît de l'ignorance de la figure de la Terre, se trouve confonduë & cachée. Cependant c'est toujours une source d'erreur de plus ; & s'il arrive quelque jour (comme on ne peut guères douter qu'il n'arrive) que les autres éléments de la Navigation soient perfectionnés, ce qui sera de plus important pour lui, sera la détermination exacte de la figure de la Terre.

La connoissance de la Figure de la

Terre est encore d'une grande utilité pour déterminer la Parallaxe de la Lune; chose si importante dans l'Astronomie. Cette connoissance servira à perfectionner la théorie d'un Astre qui paroît destiné à nos usages, & sur lequel les plus habiles Astronomes ont toujourns beaucoup compté pour les Longitudes.

Enfin, pour descendre à d'autres objets moins élevés, mais qui n'en sont pas moins utiles: on peut dire que la perfection du Nivellement dépend de la connoissance de la figure de la Terre. Il y a un tel enchaînement dans les Sciences, que les mêmes éléments qui servent à conduire un Vaisseau sur la Mer, servent à faire connoître le cours de la Lune dans son orbite, servent à faire couler les eaux dans les lieux où l'on en a besoin pour établir la communication.

C'est sans doute pour ces considérations, que le Roy ordonna les deux Voyages à l'Équateur & au Cercle Polaire. Si l'on a fait quelquefois de



grandes entreprises pour découvrir des Terres, ou chercher des passages qui abrégeroient certains voyages, on avoit touûjours eu les vûës prochaines d'une utilité particulière. Mais la détermination de la Figure de la Terre est d'une utilité générale pour tous les peuples, & pour tous les temps.

La magnificence de tout ce qui regarde cette entreprise, répondoit à la grandeur de l'objet. Outre les quatre Mathématiciens de l'Académie, M. le Comte de Maurepas nomma encore M. l'Abbé Outhier, dont la capacité dans l'ouvrage que nous allions faire, étoit connue; M. de Sommereux pour Secretaire, & M. d'Herbelot pour Dessinateur. Si le grand nombre étoit nécessaire pour bien exécuter un ouvrage assés difficile, dans des pays tels que ceux où nous l'avons fait, ce grand nombre rendoit encore l'ouvrage plus authentique. Et pour que rien ne manquât à ces deux égards, le Roy agréa que M. Celsius Professeur d'Astronomie à Upsal, se joignît à nous.

Ainsi nous partîmes de France avec tout ce qui étoit nécessaire pour réussir dans notre entreprise, & la Cour de Suede donna des ordres qui nous firent trouver tous les secours possibles dans ses Provinces les plus reculées. M. le Comte de Casteja alors Ambassadeur en Suede, nous procura les recommandations de cette Cour, avec son zele ordinaire pour le service du Roy; & avec des soins & des bontés pour nous, dont les Sciences lui doivent être obligées, si nous avons fait quelque chose pour elles.

Nous avons cru qu'on ne seroit pas fâché de voir une courte histoire de nos travaux, qui fut lûë dans la dernière Assemblée publique de l'Académie; & dont nous avons retranché seulement quelques réflexions que nous n'avons pas cru qui soient nécessaires lorsqu'on verra le détail de nos opérations.

Nous avons divisé le reste de l'ouvrage en trois Livres, parce qu'il contient des matières fort différentes.

On trouvera dans le premier Livre  
tout



tout ce que nous avons fait pour mesurer l'Arc du Méridien qui coupe le Cercle Polaire, & pour nous assûrer qu'il étoit bien mesuré. Ce Livre est divisé en deux parties ; la première contient les premières opérations que nous fîmes pour cette mesure ; & la seconde, la répétition de ces opérations, & les vérifications de tout l'ouvrage.

Nous aurions peut-être à excuser une exactitude qui paroîtra trop scrupuleuse à quelques-uns, tant dans nos calculs, que dans le détail des circonstances de nos observations : mais nous avons cru ne pouvoir pousser trop loin cette exactitude dans une matiere qui a été disputée, & qui est d'une si grande importance. M. Clairaut, dont la science est connue dans des calculs beaucoup plus difficiles que ceux qu'on trouvera dans ce Livre, nous a été d'un grand secours pour ceux-ci.

Ce premier Livre finit par un Probleme que j'avois déjà donné dans les Mémoires de l'Académie de 1735, mais

que j'ai remis ici, parce que c'est sa véritable place. Il sert à déterminer la Grandeur & la Figure de la Terre, par les mesures de deux degrés du Méridien: & l'on peut aisément, par le moyen de ce Probleme, construire une Table des différentes longueurs du degré pour chaque Latitude.

Le second Livre contient plusieurs observations, par lesquelles nous avons déterminé la hauteur du Pole à Torneå & sur Kittis; la quantité de la Réfraction au Cercle Polaire; & qui déterminent la Longitude de Torneå. Par ces observations, nous avons découvert une erreur considérable, & importante pour l'Astronomie & la Géographie.

En 1695, Charles XI. Roy de Suede avoit envoyé M.<sup>rs</sup> Spole & Bilberg à Torneå, pour y faire quelques observations Astronomiques: ces deux Mathématiciens, munis d'instruments petits, & peu exacts, observèrent au Solstice d'été, différentes hauteurs du Soleil, par lesquelles ils conclurent la hauteur du



Pole à Torneå, de  $65^{\circ} 43'$ , & ne l'auroient dû conclurre que de  $65^{\circ} 40'$  par leurs propres observations, s'ils avoient employé les éléments convenables. Ayant ainsi déterminé la hauteur du Pole, les observations qu'ils firent de la hauteur Méridienne du Soleil au Nord, leur donnèrent les Réfractions à Torneå, presque doubles de ce qu'elles sont en France.

Il y avoit dans tout cela beaucoup d'erreur. La ville de Torneå est de  $11'$  plus septentrionale que leurs observations ne la faisoient. Et les réfractions n'y sont point différentes de ce qu'elles sont à Paris.

Nous avons fait un grand nombre d'observations, par lesquelles la hauteur du Pole à Torneå est de  $65^{\circ} 50' 50''$ ; & nous pouvons croire qu'il y a peu de villes dans l'Europe la plus habitée, dont on ait la Latitude plus exactement que nous avons celle de cette ville. Nous y avons observé plusieurs fois dans les mêmes temps, & même dans le même

jour, les deux hauteurs de l'Étoile Polaire, qui est là si élevée, que les réfractions, quand on les ignoreroit, ou qu'on les négligeroit, n'empêchent pas qu'on ne puisse se servir de la hauteur du Pole qu'on auroit déterminée sans en tenir compte, pour examiner ensuite les réfractions horizontales.

D'un autre côté le Soleil, dont on peut prendre dans ces climats, des hauteurs Méridiennes dans l'Horison, donne lieu à plusieurs observations curieuses sur les réfractions horizontales.

Enfin, nous avons eu Venus, qui pendant environ deux mois a paru continuellement sur notre Horison, & dont on a observé plusieurs hauteurs Méridiennes, tant au Midi qu'au Nord.

Toutes ces observations, qui ont été faites avec grand soin, nous ont appris que la réfraction ne diffère point à Torneâ de ce qu'elle est en France; les différences que nous y avons trouvées, nous ont toujours paru n'être que celles qui peuvent venir de l'observation même,



ou qui peuvent être causées par les accidens qui arrivent aux réfractions horizontales; & nous n'avons pas cru devoir en conclure que les réfractions fussent en effet différentes.

Si donc on trouve les réfractions plus petites vers l'Équateur qu'à Paris, d'une quantité considérable, & qu'elles aillent réellement en augmentant de l'Équateur au Pole; il faut croire que cet accroissement n'est pas sensible dans la distance de Paris au Cercle Polaire. Et ce que rapportent les Hollandois, qui ayant passé l'hiver dans la *nouvelle Zemble*, virent le Soleil reparoître sur l'Horison beaucoup plutôt qu'il ne le devoit, selon la hauteur du Pole au lieu où ils étoient, ne peut ébranler ce que nous avons trouvé par un grand nombre d'observations exactes.

Quant à la Longitude, la situation de Jupiter dans les signes Méridionaux, le tint toujours plongé dans les vapeurs de l'Horison, dans les temps auxquels nous aurions pû l'observer; mais nous

avons fait plusieurs autres observations, l'une d'une Éclipse horizontale de Lune, les autres d'Occultations des Étoiles par cet Astre, qui nous font croire que l'on peut avec assez de sûreté prendre  $1^h 23'$  pour la différence des Méridiens de Paris & de Torneâ. La plûpart de ces observations sont dûes à la vigilance de M. le Monnier & de M. Celsius, qui dans un pays où le Ciel se refuse beaucoup aux observations, étoient continuellement attentifs à n'en laisser échapper aucune de celles qui étoient possibles.

Enfin, le troisième Livre contiendra les expériences que nous avons faites sur la Pesanteur dans la *Zone glacée*; matière, qui, outre l'importance dont elle est pour la Physique générale, a encore une si grande connexion avec la figure de la Terre, que M.<sup>rs</sup> Newton & Huygens ont cru que la connoissance des différentes Pesanteurs en différents lieux, suffisoit seule pour déterminer cette figure, & la détermineroit plus exactement que ne pourroient faire les



mesures actuelles des degrés. Dès que cette augmentation de la Pesanteur vers les Poles fut découverte, ces grands Géomètres pensèrent que pour conserver l'Équilibre entre les parties qui composent la Terre, pour empêcher que les Mers n'inondassent les parties voisines de l'Équateur, il falloit que la Terre fût plus élevée à l'Équateur qu'aux Poles, où elle devoit être applatie. Selon l'augmentation de la Pesanteur, que nous avons trouvée au Cercle Polaire, l'applatissement de la Terre vers les Poles, doit être encore plus considérable que M. Newton ne l'avoit déterminé. Et les expériences sur la Pesanteur, que les Académiciens envoyés par le Roy, ont faites à l'Équateur, & que nous venons de recevoir, s'accordent en cela avec les nôtres.

Ce troisième Livre finit par un Probleme qui sert à trouver les directions de la Gravité primitive, ou les angles qu'elle forme avec la Pesanteur actuelle. J'ai cru devoir donner ici ce Probleme,

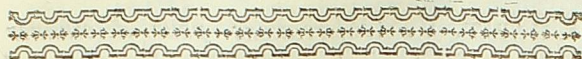
parce qu'il contient le résultat de toutes nos observations, tant sur la mesure actuelle de la Terre, que sur l'augmentation de la Pesanteur : & qu'on en tire la solution de plusieurs Questions utiles & curieuses sur ces deux matières, qui sont nécessairement compliquées l'une avec l'autre.

Nous avons joint à cet ouvrage une Carte, dans laquelle on trouvera toutes nos Montagnes & le pays d'alentour : mais il n'y a que la position des Montagnes où se sont faites nos observations, qui soit déterminée géométriquement.



TABLE





# T A B L E

DE CE QUI EST CONTENU  
DANS CE VOLUME.

*D*ISCOURS sur la Mesure du Degré du  
Méri dien au Cercle Polaire. Page 1

---

## LIVRE PREMIER.

### PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE I. *Observations pour former les  
Triangles, & déterminer leur position par  
rapport à la Méridienne.* 79

CHAP. II. *Angles formés par la Méridienne  
& par les lignes tirées de Kittis à Pullingi  
& à Niemi.* 85

CHAP. III. *Mesure de la base, & calcul des  
Triangles des deux suites principales.* 86

CHAP. IV. *Détermination de la véritable  
longueur de l'arc du Méridien, dont on a  
déterminé l'amplitude.* 92

## T A B L E.

- CHAPIT. V. *Observations pour déterminer l'amplitude de l'arc du Méridien, terminé par les Paralleles qui passent par Kittis & Torneå.* 94
- CHAPIT. VI. *Calcul de l'Arc du Méridien observé.* 103

### S E C O N D E P A R T I E.

- CHAP. I. *Vérification des angles horisontaux par leur somme dans le contour de l'Heptagone.* 105
- CHAP. II. *Vérification de la position de l'Heptagone faite à Torneå.* 106
- CHAP. III. *Vérification de la distance de Torneå à Kittis, par dix nouvelles suites de Triangles.* 109
- CHAP. IV. *Autre vérification de la distance de Torneå à Kittis.* 111
- CHAP. V. *Vérification de l'Amplitude de l'Arc du Méridien.* 113
- CHAP. VI. *Calcul de l'Arc du Méridien observé.* 115
- CHAP. VII. *Vérifications du Secteur.* 116



T A B L E.

- CHAP. VIII. *Détermination du Degré du Méridien, qui coupe le Cercle Polaire.* 121
- CHAP. IX. *Manière de trouver la Figure de la Terre, par la Mesure de deux Degrés du Méridien.* 127
- 

L I V R E S E C O N D.

- CHAPIT. I. *Observations d'Arcturus & de l'Étoile Polaire à Torneå & à Paris.* 131
- CHAP. II. *Hauteur du Pole à Torneå.* 137
- CHAPITRE III. *Hauteurs Méridiennes du Soleil.* 140
- CHAP. IV. *Détermination des Réfractions.* 142
- CHAP. V. *Détermination des Réfractions sur Kittis, par Venus inoccidüe.* 145
- CHAP. VI. *Détermination des Réfractions à Torneå, par Venus inoccidüe.* 147
- CHAP. VII. *Sur la Longitude de Torneå.* 149
- CHAPITRE VIII. *Déclinaison de l'Aiguille Aimantée.* 152

T A B L E.

---

LIVRE TROISIEME.

CHAP. I. <i>Sur la Pesanteur en général.</i>	153
CHAP. II. <i>Expériences faites à Pello sur la Pesanteur.</i>	162
CHAP. III. <i>Observations faites à Paris, avec le même Instrument.</i>	171
CHAP. IV. <i>Accélérations de la Pendule.</i>	172
CHAP. V. <i>Expériences faites avec d'autres Instruments.</i>	173
CHAP. VI. <i>Réflexions sur les augmentations de la Pesanteur.</i>	177
CHAP. VII. <i>Manière de trouver la Direction de la Gravité.</i>	182

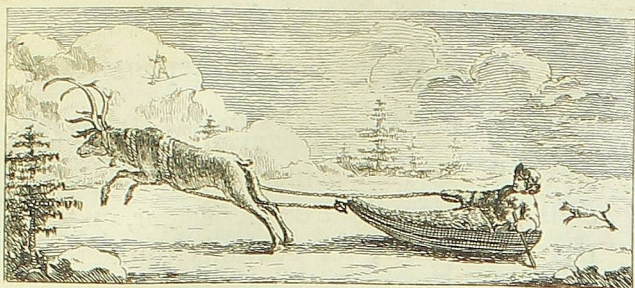
---

Faute à corriger.

Page 130, ligne 13, rayon, lisez diametre.

DISCOURS





# DISCOURS

QUI A ÉTÉ LU

DANS L'ASSEMBLÉE

PUBLIQUE

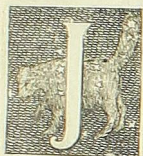
De l'Académie Royale des Sciences,

Le 13 Novembre 1737.

*SUR LA MESURE DU DEGRÉ*

*DU MÉRIDIEN*

*AU CERCLE POLAIRE.*



J'EXPOSAI, il y a dix-huit mois, à la même Assemblée, le motif & le projet du Voyage au Cercle Polaire ; je vais lui faire part aujourd'hui de l'exécution. Mais il ne sera peut-être pas inutile de rappeler un peu

A

## 2 *Mesure du Degré du Méridien*

les idées sur ce qui a fait entreprendre ce Voyage.

M. Richer ayant découvert à Cayenne en 1672, que la Pesanteur étoit plus petite dans cette Isle voisine de l'Équateur, qu'elle n'est en France, les Sçavants tournèrent leurs vûes vers toutes les conséquences que devoit avoir cette fameuse découverte. Un des plus illustres Membres de l'Académie trouva qu'elle prouvoit également, & le mouvement de la Terre autour de son axe, qui n'avoit plus guère besoin d'être prouvé, & l'applatiffement de la Terre vers les Poles, qui étoit un paradoxe. M. Huygens appliquant aux parties qui forment la Terre, la théorie des Forces centrifuges, dont il étoit l'inventeur, fit voir qu'en considérant ses parties comme pesant toutes uniformément vers un centre, & comme faisant leur révolution autour d'un axe; il falloit, pour qu'elles demeurassent en équilibre, qu'elles formassent un Sphéroïde applati vers les Poles. M. Huygens détermina même la quantité de cet applatiffement, & tout cela par les Principes ordinaires sur la Pesanteur.

M. Newton étoit parti d'une autre théorie, de l'attraction des parties de la matière



les unes vers les autres, & étoit arrivé à la même conclusion, c'est-à-dire, à l'appplatiffement de la Terre, quoiqu'il déterminât autrement la quantité de cet appplatiffement. En effet, on peut dire que lorsqu'on voudra examiner par les loix de la Statique, la figure de la Terre, toutes les théories conduisent à l'appplatiffement; & l'on ne fçauroit trouver un Sphéroïde allongé, que par des hypothefes aifés contraintes sur la Pefanteur.

Dès l'établiffement de l'Académie, un de fes premiers foins avoit été la mefure du degré du Méridien de la Terre; M. Picard avoit déterminé ce degré vers Paris, avec une fi grande exactitude, qu'il ne sembloit pas qu'on pût fouhaiter rien au-delà. Mais cette mefure n'étoit univerfelle, qu'en cas que la Terre eût été sphérique, & fi la Terre étoit applatie, elle devoit être trop longue pour les degrés vers l'Équateur, & trop courte pour les degrés vers les Poles.

Lorsque la mefure du Méridien qui traverse la France, fut achevée, on fut bien furpris de voir qu'on avoit trouvé les degrés vers le Nord plus petits que vers le Midi; cela étoit absolument oppofé à ce qui de-

#### 4 *Mesure du Degré du Méridien*

voit suivre de l'aplatissement de la Terre. Selon ces mesures, elle devoit être allongée vers les Poles; d'autres opérations faites sur le Parallele qui traverse la France, confirmoient cet allongement, & ces mesures avoient un grand poids.

L'Académie se voyoit ainsi partagée; ses propres lumières l'avoient renduë incertaine, lorsque le Roy voulut faire décider cette grande question, qui n'étoit pas de ces vaines spéculations, dont l'oïsveté ou l'inutile subtilité des Philosophes s'occupe quelquefois, mais qui doit avoir des influences réelles sur l'Astronomie & sur la Navigation.

Pour bien déterminer la figure de la Terre, il falloit comparer ensemble deux degrés du Méridien les plus différents en latitude qu'il fût possible; parce que si ces degrés vont en croissant ou décroissant de l'Équateur au Pole, la différence trop petite entre des degrés voisins, pourroit se confondre avec les erreurs des observations, au lieu que si les deux degrés qu'on compare, sont à de grandes distances l'un de l'autre, cette différence se trouvant répétée autant de fois qu'il y a de degrés intermédiaires,



fera une somme trop considérable pour échapper aux observateurs.

M. le Comte de Maurepas qui aime les Sciences, & qui veut les faire servir au bien de l'État, trouva réunis dans cette entreprise, l'avantage de la Navigation & celui de l'Académie; & cette vûë de l'utilité publique mérita l'attention de M. le Cardinal de Fleury; au milieu de la Guerre, les Sciences trouvoient en lui une protection & des secours qu'à peine auroient-elles osé espérer dans la Paix la plus profonde. M. le Comte de Maurepas envoya bien-tôt à l'Académie, des ordres du Roy pour terminer la question de la Figure de la Terre; l'Académie les reçût avec joye, & se hâta de les exécuter par plusieurs de ses Membres; les uns devoient aller sous l'Équateur, mesurer le premier degré du Méridien, & partirent un an avant nous; les autres devoient aller au Nord, mesurer le degré le plus septentrional qu'il fût possible. On vit partir avec la même ardeur ceux qui s'alloient exposer au Soleil de la Zone brûlante, & ceux qui devoient sentir les horreurs de l'hiver dans la Zone glacée. Le même esprit les animoit tous, l'envie d'être utiles à la Patrie.

## 6 *Mesure du Degré du Méridien*

La troupe destinée pour le Nord, étoit composée de quatre Académiciens, qui étoient M.<sup>rs</sup> Clairaut, Camus, le Monnier & moi, & de M. l'Abbé Outhier, auxquels se joignit M. Celsius célèbre Professeur d'Astronomie à *Upsal*, qui a assisté à toutes nos opérations, & dont les lumières & les conseils nous ont été fort utiles. S'il m'étoit permis de parler de mes autres compagnons, de leur courage & de leurs talens, on verroit que l'ouvrage que nous entreprenions, tout difficile qu'il peut paroître, étoit facile à exécuter avec eux.

Depuis long-temps nous n'avons point de nouvelles de ceux qui sont partis pour l'Équateur. On ne sçait presque encore de cette entreprise, que les peines qu'ils ont eues; & notre expérience nous a appris à trembler pour eux. Nous avons été plus heureux, & nous revenons apporter à l'Académie, le fruit de notre travail.

Le Vaisseau qui nous portoit, étoit à peine arrivé à *Stockholm*, que nous nous hâtâmes d'en partir pour nous rendre au fond du Golfe de *Bottnie*, d'où nous pourrions choisir, mieux que sur la foi des Cartes, laquelle des deux côtes de ce Golfe, seroit



la plus convenable pour nos opérations. Les périls dont on nous menaçoit à Stockholm ne nous retardèrent point ; ni les bontés d'un Roy, qui, malgré les ordres qu'il avoit donnés pour nous, nous répéta plusieurs fois, qu'il ne nous voyoit partir qu'avec peine pour une entreprise aussi dangereuse. Nous arrivâmes à *Torneå* assés tôt pour y voir le Soleil luire sans disparoître pendant plusieurs jours, comme il fait dans ces climats au Solstice d'été ; spectacle merveilleux pour les habitants des Zones tempérées, quoiqu'ils sçachent qu'ils le trouveront au *Cercle Polaire*.

Il n'est peut-être pas inutile de donner ici une idée de l'ouvrage que nous nous proposons, & des opérations que nous avons à faire pour mesurer un degré du Méridien.

Lorsqu'on s'avance vers le Nord, personne n'ignore qu'on voit s'abaisser les Etoiles placées vers l'Équateur, & qu'au contraire celles qui sont situées vers le Pole s'élevent ; c'est ce phénomène qui vraisemblablement a été la première preuve de la rondeur de la Terre. J'appelle cette différence qu'on observe dans la hauteur méri-

## 8 *Mesure du Degré du Méridien*

dienne d'une Étoile, lorsqu'on parcourt un arc du méridien de la Terre, l'*Amplitude* de cet arc; c'est elle qui en mesure la courbure, ou, en langage ordinaire, c'est le nombre de minutes & de secondes qu'il contient.

Si la Terre étoit parfaitement sphérique, cette différence de hauteur d'une Étoile, cette amplitude seroit toujours proportionnelle à la longueur de l'arc du méridien qu'on auroit parcouru. Si, pour voir une Étoile changer son élévation d'un degré, il falloit vers Paris, parcourir une distance de 57000 toises sur le Méridien, il faudroit à Torneå, parcourir la même distance pour appercevoir dans la hauteur d'une Étoile, le même changement.

Si au contraire la surface de la Terre étoit absolument platte; quelque longue distance qu'on parcourût vers le Nord, l'Étoile n'en paroîtroit ni plus ni moins élevée.

Si donc la surface de la Terre est inégalement courbe dans différentes régions; pour trouver la même différence de hauteur dans une Étoile, il faudra dans ces différentes régions, parcourir des arcs inégaux du méridien de la Terre; & ces arcs dont l'ampli-



tude sera toujours d'un degré, seront plus longs là où la Terre sera plus aplatie. Si la Terre est aplatie vers les Poles, un degré du Méridien terrestre sera plus long vers les Poles que vers l'Équateur; & l'on pourra juger ainsi de la figure de la Terre, en comparant ses différents degrés les uns avec les autres.

On voit par-là que pour avoir la mesure d'un degré du méridien de la Terre, il faut avoir une distance mesurée sur ce méridien, & connoître le changement d'élevation d'une Étoile aux deux extrémités de la distance mesurée; afin de pouvoir comparer la longueur de l'arc avec son amplitude.

La première partie de notre ouvrage consistoit donc à mesurer quelque distance considérable sur le Méridien; & il falloit pour cela former une suite de Triangles qui communiquassent avec quelque base, dont on pourroit mesurer la longueur à la perche.

Notre espérance avoit toujours été de faire nos opérations sur les côtes du Golfe de Bottnie. La facilité de nous rendre par Mer aux différentes stations, d'y transporter les instruments dans des chaloupes, l'avantage des points de vûë, que nous promet-

toient les Isles du Golfe, marquées en quantité sur toutes les Cartes; tout cela avoit fixé nos idées sur ces côtes & sur ces Isles. Nous allâmes aussi-tôt avec impatience les reconnoître; mais toutes nos navigations nous apprirent qu'il falloit renoncer à notre premier dessein. Ces Isles qui bordent les côtes du Golfe, & les côtes du Golfe même, que nous nous étions représentées comme des Promontoires, qu'on pourroit appercevoir de très-loin, & d'où l'on en pourroit appercevoir d'autres aussi éloignées, toutes ces Isles étoient à fleur d'eau; par conséquent bien-tôt cachées par la rondeur de la Terre; elles se cachent même l'une l'autre vers les bords du Golfe, où elles étoient trop voisines; & toutes rangées vers les côtes, elles ne s'avançoient point assés en Mer, pour nous donner la direction dont nous avions besoin. Après nous être opiniâtrés dans plusieurs navigations à chercher dans ces Isles ce que nous n'y pouvions trouver, il fallut perdre l'espérance, & les abandonner.

J'avois commencé le voyage de Stockholm à Torneå en carrosse, comme le reste de la Compagnie; mais le hasard nous ayant



fait rencontrer vers le milieu de cette longue route, le Vaisseau qui portoit nos instrumens & nos domestiques, j'étois monté sur ce Vaisseau, & étois arrivé à Torneå quelques jours avant les autres. J'avois trouvé en mettant pied à terre, le Gouverneur de la Province qui partoît pour aller visiter la *Laponie* septentrionale de son gouvernement; je m'étois joint à lui pour prendre quelque idée du Pays, en attendant l'arrivée de mes compagnons, & j'avois pénétré jusqu'à 15 lieues vers le Nord. J'étois monté la nuit du Solstice sur une des plus hautes montagnes de ce Pays, sur *Avafaxa*; & j'étois revenu aussi-tôt pour me trouver à Torneå à leur arrivée. Mais j'avois remarqué dans ce voyage, qui ne dura que trois jours, que le fleuve de Torneå suivoit assés la direction du Méridien jusqu'ou je l'avois remonté; & j'avois découvert de tous côtés de hautes montagnes, qui pouvoient donner des points de vûe fort éloignés.

Nous pensâmes donc à faire nos opérations au Nord de Torneå sur les sommets de ces montagnes; mais cette entreprise ne paroissoit guère possible.



Il falloit faire dans les deserts d'un Pays presque inhabitable, dans cette forêt immense qui s'étend depuis Torneå jusqu'au *Cap Nord*, des opérations difficiles dans les Pays les plus commodes. Il n'y avoit que deux manières de pénétrer dans ces deserts, & qu'il falloit toutes les deux éprouver; l'une en naviguant sur un fleuve rempli de cataractes, l'autre en traversant à pied des forêts épaisses, ou des marais profonds. Supposé qu'on pût pénétrer dans le Pays, il falloit après les marches les plus rudes, escaler des montagnes escarpées; il falloit dépouiller leur sommet des arbres qui s'y trouvoient, & qui en empêchoient la vûë; il falloit vivre dans ces deserts avec la plus mauvaise nourriture; & exposés aux Mouches qui y sont si cruelles, qu'elles forcent les Lapons & leurs Reenes, d'abandonner le pays dans cette saison, pour aller vers les côtes de l'Océan, chercher des lieux plus habitables. Enfin il falloit entreprendre cet ouvrage, sans sçavoir s'il étoit possible, & sans pouvoir s'en informer à personne; sans sçavoir si après tant de peines, le défaut d'une montagne n'arrêteroit pas absolument la suite de nos Triangles;



Sans sçavoir si nous pourrions trouver sur le fleuve, une base qui pût être liée avec nos Triangles. Si tout cela réussissoit, il faudroit ensuite bâtir des Observatoires sur la plus septentrionale de nos montagnes; il faudroit y porter un attirail d'instruments plus complet qu'il ne s'en trouve dans plusieurs Observatoires de l'Europe; il faudroit y faire des observations des plus subtiles de l'Astronomie.

Si tous ces obstacles étoient capables de nous effrayer; d'un autre côté cet ouvrage avoit pour nous bien des attraits. Outre toutes les peines qu'il falloit vaincre, c'étoit mesurer le degré le plus septentrional que vrai-semblablement il soit permis aux hommes de mesurer, le degré qui coupoit le Cercle Polaire, & dont une partie seroit dans la Zone glacée. Enfin après avoir désespéré de pouvoir faire usage des Isles du Golfe, c'étoit la seule ressource qui nous restoit; car nous ne pouvions nous résoudre à redescendre dans les autres Provinces plus méridionales de la Suede.

Nous partîmes donc de Torneå le vendredi 6 Juillet, avec une troupe de soldats Finnois, & un grand nombre de bateaux

*Juillet*  
1736.

*Juillet.* chargés d'instruments, & des choses les plus indispensables pour la vie ; & nous commençâmes à remonter le grand fleuve qui vient du fond de la Lapponie se jeter dans la Mer de Bottnie, après s'être partagé en deux bras, qui forment la petite île *Swentzar*, où est bâtie la ville à  $65^{\circ} 51'$  de latitude. Depuis ce jour, nous ne vécûmes plus que dans les deserts, & sur le sommet des montagnes, que nous voulions lier par des Triangles les unes aux autres.

Après avoir remonté le fleuve depuis 9 heures du matin jusqu'à 9 heures du soir, nous arrivâmes à *Korpikyla*, c'est un hameau sur le bord du fleuve, habité par des Finnois ; nous y descendîmes, & après avoir marché à pied quelque temps à travers la forêt, nous arrivâmes au pied de *Niwa*, montagne escarpée, dont le sommet n'est qu'un rocher où nous montâmes, & sur lequel nous nous établîmes. Nous avons été sur le fleuve, fort incommodés de grosses Mouches à tête verte, qui tirent le sang par-tout où elles picquent ; nous nous trouvâmes sur *Niwa*, persécutés de plusieurs autres especes encore plus cruelles.



Deux jeunes Lappones gardoient un petit troupeau de Reenes sur le sommet de cette montagne, & nous apprîmes d'elles comment on se garantit des Mouches dans ce pays; ces pauvres filles étoient tellement cachées dans la fumée d'un grand feu qu'elles avoient allumé, qu'à peine pouvions-nous les voir, & nous fûmes bien-tôt dans une fumée aussi épaisse que la leur.

Pendant que notre troupe étoit campée sur Niwa, j'en partis le 8 à une heure après minuit avec M. Camus, pour aller reconnoître les montagnes vers le Nord. Nous remontâmes d'abord le fleuve jusqu'au pied d'Avaxaxa, haute montagne, dont nous dépouillâmes le sommet de ses arbres, & où nous fîmes construire un signal. Nos signaux étoient des cones creux, bâtis de plusieurs grands arbres qui, dépouillés de leur écorce, rendoient ces signaux si blancs qu'on les pouvoit facilement observer de 10 & 12 lieuës; leur centre étoit toujours facile à retrouver en cas d'accident, par des marques qu'on gravoit sur les rochers, & par des piquets qu'on enfonçoit profondément en terre, & qu'on recouvroit de quelque grosse pierre. Enfin ces signaux

*Juillet.* étoient aussi commodes pour observer, & presque aussi solidement bâtis que la plupart des édifices du pays.

Dès que notre signal fut bâti, nous descendîmes d'Avaxaxa ; & étant entrés dans la petite rivière de *Tengliö*, qui vient au pied de la montagne se jeter dans le grand fleuve, nous remontâmes cette rivière jusqu'à l'endroit qui nous parut le plus proche d'une montagne, que nous crûmes propre à notre opération ; là nous mîmes pied à terre, & après une marche de 3 heures à travers un marais, nous arrivâmes au pied d'*Horrilakero*. Quoique fort fatigués, nous y montâmes, & passâmes la nuit à faire couper la forêt qui s'y trouva. Une grande partie de la montagne est d'une pierre rouge, parsemée d'une espèce de cristaux blancs, longs & assez parallèles les uns aux autres. La fumée ne put nous défendre des Mouches, plus cruelles sur cette montagne que sur Niwa. Il fallut, malgré la chaleur qui étoit très-grande, nous envelopper la tête dans nos *Lappmudes* (ce sont des robes de peaux de Reenes) & nous faire couvrir d'un épais rempart de branches de Sapins & de Sapins mêmes entiers, qui nous accabloient,  
& qui



& qui ne nous mettoient pas en sûreté pour long-temps.

Après avoir coupé tous les arbres qui se trouvoient sur le sommet d'Horrilakero, & y avoir bâti un signal, nous en partîmes & revînmes par le même chemin, trouver nos bateaux que nous avions retirés dans le bois; c'est ainsi que les gens de ce pays suppléent aux cordes dont ils sont mal pourvus. Il est vrai qu'il n'est pas difficile de traîner, & même de porter les bateaux dont on se sert sur les fleuves de Lapponie. Quelques planches de Sapin fort minces, composent une nacelle si légère & si flexible, qu'elle peut heurter à tous moments les pierres dont les fleuves sont pleins, avec toute la force que lui donnent des torrents, sans que pour cela elle soit endommagée. C'est un spectacle qui paroît terrible à ceux qui n'y sont pas accoutumés, & qui étonnera toujours les autres, que de voir au milieu d'une cataracte dont le bruit est affreux, cette fressle machine entraînée par un torrent de vagues, d'écume & de pierres, tantôt élevée dans l'air, & tantôt perdue dans les flots; un Finnois intrépide la gouverne avec un large aviron, pendant que deux autres

*Juillet.*

forcent de rames pour la dérober aux flots qui la poursuivent, & qui sont toujours prêts à l'inonder; la quille alors est souvent toute en l'air, & n'est appuyée que par une de ses extrémités sur une vague qui lui manque à tous moments. Si ces Finnois sont hardis & adroits dans les cataractes, ils sont par-tout ailleurs fort industrieux à conduire ces petits bateaux, dans lesquels le plus souvent ils n'ont qu'un arbre avec ses branches, qui leur sert de voile & de mât.

Nous nous rembarquâmes sur le Tengliö; & étant rentrés dans le fleuve de Torneå, nous le descendîmes pour retourner à Korpikyla. A quatre lieux d'Avasaxa, nous quittâmes nos bateaux, & ayant marché environ une heure dans la forêt, nous nous trouvâmes au pied de *Cuitaperi*, montagne fort escarpée, dont le sommet n'est qu'un rocher couvert de mousse, d'où la vûë s'étend fort loin de tous côtés, & d'où l'on voit au Midi la Mer de Bottnie. Nous y élevâmes un signal, d'où l'on découvroit Horrilakero, Avasaxa, Torneå, Niwa, & *Kakama*. Nous continuâmes ensuite de descendre le fleuve, qui a entre *Cuitaperi* & *Korpikyla*, des cataractes épouvantables



qu'on ne passe point en bateau. Les Finnois ne manquent pas de faire mettre pied à terre à l'endroit de ces cataractes ; mais l'excès de fatigue nous avoit rendu plus facile de les passer en bateau, que de marcher cent pas. Enfin nous arrivâmes le 11 au soir sur Niwa, où le reste de nos M.<sup>rs</sup> étoient établis ; ils avoient vû nos signaux, mais le ciel étoit si chargé de vapeurs, qu'ils n'avoient pû faire aucune observation. Je ne sçais si c'est parce que la présence continue du Soleil sur l'horison, fait élever des vapeurs qu'aucune nuit ne fait descendre ; mais pendant les deux mois que nous avons passé sur les montagnes, le ciel étoit toujours chargé, jusqu'à ce que le vent de Nord vint dissiper les brouillards. Cette disposition de l'air nous a quelquefois retenus sur une seule montagne 8 & 10 jours, pour attendre le moment auquel on pût voir assez distinctement les objets qu'on vouloit observer. Ce ne fut que le lendemain de notre retour sur Niwa, qu'on prit quelques angles ; & le jour qui suivit, un vent de Nord très-froid s'étant levé, on acheva les observations.

Le 14, nous quittâmes Niwa, & pendant

20 *Mesure du Degré du Méridien**Juillet.*

que M.<sup>rs</sup> Camus, le Monnier & Celsius alloient à Kakama, nous vîmes M.<sup>rs</sup> Clairaut, Outhier & moi sur Cuitaperi, d'où M. l'Abbé Outhier partit le 16, pour aller planter un signal sur *Pullingi*. Nous fîmes le 18 les observations qui, quoiqu'interrompues par le tonnerre & la pluye, furent achevées le soir; & le 20 nous en partîmes tous, & arrivâmes à minuit sur Avaxa.

Cette montagne est à 15 lieues de Torneå sur le bord du fleuve; l'accès n'en est pas facile, on y monte par la forêt qui conduit jusqu'à environ la moitié de la hauteur; la forêt est là interrompue par un grand amas de pierres escarpées & glissantes, après lequel on la retrouve, & elle s'étendoit jusques sur le sommet; je dis elle s'étendoit, parce que nous fîmes abattre tous les arbres qui couvroient ce sommet. Le côté du Nord-Est est un précipice affreux de rochers, dans lesquels quelques Faucons avoient fait leur nid; c'est au pied de ce précipice que coule le Tengliö, qui tourne autour d'Avaxa avant que de se jeter dans le fleuve de Torneå. De cette montagne la vüe est très-belle; nul objet ne l'arrête vers le Midi, & l'on découvre une



vaste étenduë du fleuve; du côté de l'Est, elle poursuit le Tengliö jusques dans plusieurs lacs qu'il traverse; du côté du Nord, la vûë s'étend à 12 ou 15 lieuës, où elle est arrêtée par une multitude de montagnes entassées les unes sur les autres, comme on représente le cahos, & parmi lesquelles il n'étoit pas facile d'aller trouver celle qu'on avoit vûë d'Avaxa.

Nous passâmes 10 jours sur cette montagne, pendant lesquels la curiosité nous procura souvent les visites des habitants des campagnes voisines; ils nous apportoient des Poissons, des Moutons, & les misérables Fruits qui naissent dans ces forêts.

Entre cette montagne & Cuitaperi, le fleuve est d'une très-grande largeur, & forme une espece de lac qui, outre son étenduë, étoit situé fort avantageusement pour notre base; M.<sup>rs</sup> Clairaut & Camus se chargèrent d'en déterminer la direction, & demeurèrent pour cela à *öfwer-Torneå* après que nos observations furent faites sur Avaxa, pendant que j'allois sur Pullingi avec M.<sup>rs</sup> le Monnier, Outhier & Celsius. Ce même jour que nous quittâmes Avaxa, nous passâmes le Cercle Polaire, & arrivâmes le

22 *Mesure du Degré du Méridien*

*Juillet.* lendemain 31 Juillet sur les 3 heures du matin à *Turtula*, c'est un espece de hameau où l'on coupoit le peu d'orge & de foin qui y croît. Après avoir marché quelque temps dans la forêt, nous nous embarquâmes sur un lac qui nous conduisit au pied de *Pullingi*.

*Moût.* C'est la plus élevée de nos montagnes; & elle est d'un accès très-rude par la promptitude avec laquelle elle s'éleve, & la hauteur de la mouffe dans laquelle nous avions beaucoup de peine à marcher. Nous arrivâmes cependant sur le sommet à 6 heures du matin; & le séjour que nous y fîmes depuis le 31 Juillet jusqu'au 6 Août fut aussi pénible que l'abord. Il y fallut abattre une forêt des plus grands arbres; & les Mouches nous tourmentèrent au point que nos soldats du regiment de Westro-Bottnie, troupe distinguée, même en Suede où il y en a tant de valeureuses, ces hommes endurcis dans les plus grands travaux, furent contraints de s'envelopper le visage, & de se le couvrir de godron; ces insectes infectoient tout ce qu'on vouloit manger, dans l'instant tous nos mets en étoient noirs. Les Oiseaux de proye n'étoient pas moins



affamés, ils voltigeoient sans cesse autour de nous, pour ravir quelques morceaux d'un Mouton qu'on nous apprêtoit. Août.

Le lendemain de notre arrivée sur Pullingi, M. l'Abbé Outhier en partit avec un Officier du même regiment qui nous a rendu beaucoup de services, pour aller élever un signal vers *Pello*. Le 4 nous en vîmes paroître un sur *Niemi* que le même Officier fit élever; ayant pris les angles entre ces signaux, nous quittâmes Pullingi le 6 Août après y avoir beaucoup souffert, pour aller à *Pello*; & après avoir remonté quatre cataractes, nous y arrivâmes le même jour.

*Pello* est un village habité par quelques Finnois, auprès duquel est *Kittis* la moins élevée de toutes nos montagnes; c'étoit-là qu'étoit notre signal. En y montant, on trouve une grosse source de l'eau la plus pure, qui sort d'un sable très-fin, & qui, pendant les plus grands froids de l'hiver, conserve sa liquidité; lorsque nous retournâmes à *Pello* sur la fin de l'hiver, pendant que la Mer du fond du Golfe, & tous les fleuves étoient aussi durs que le Marbre, cette eau couloit comme pendant l'été.

## 24 *Mesure du Degré du Méridien*

*Août.*

Nous fûmes assés heureux pour faire en arrivant nos observations, & ne demeurer sur Kittis que jusqu'au lendemain ; nous en partîmes à 3 heures après midi, & arrivâmes le même soir à Turtula.

Il y avoit déjà un mois que nous habitions les deserts, ou plutôt le sommet des montagnes, où nous n'avions d'autre lit que la terre, ou la pierre couverte d'une peau de Reene, ni guère d'autre nourriture que quelques Poissons que les Finnois nous apportoient, ou que nous pêchions nous-mêmes, & quelques especes de Bayes ou fruits sauvages qui croissent dans ces forêts. La santé de M. le Monnier, qu'un tel genre de vie dérangeoit à vûë d'œil, & qui avoit reçu les plus rudes attaques sur Pullingi, ayant manqué tout-à-fait, je le laissai à Turtula, pour redescendre le fleuve, & s'aller rétablir chés le Curé d'Öfwer-Torneå, dont la maison étoit le meilleur, & presque le seul asyle qui fût dans le pays.

Je partis en même temps de Turtula, accompagné de M.<sup>rs</sup> Outhier & Celsius, pour aller à travers la forêt, chercher le signal que l'Officier avoit élevé sur Niemi. Ce voyage fut terrible ; nous marchâmes



d'abord en sortant de Turtula jusqu'à un ruisseau, où nous nous embarquâmes sur trois petits bateaux; mais ils naviguoient avec tant de peine entre les pierres, qu'à tous moments il en falloit descendre, & sauter d'une pierre sur l'autre. Ce ruisseau nous conduisit à un lac si rempli de petits grains jaunâtres, de la grosseur du Mil, que toute son eau en étoit teinte; je pris ces grains pour la chrysalide de quelque Insecte, & je croirois que c'étoit de quelques-unes de ces Mouches qui nous persécutoient, parce que je ne voyois que ces animaux qui pussent répondre par leur quantité, à ce qu'il falloit de grains de Mil pour remplir un lac assés grand. Au bout de ce lac, il fallut marcher jusqu'à un autre de la plus belle eau, sur lequel nous trouvâmes un bateau; nous mîmes dedans le Quart-de-cercle, & le suivîmes sur les bords. La forêt étoit si épaisse sur ces bords, qu'il falloit nous faire jour avec la hache, embarrassés à chaque pas par la hauteur de la mousse, & par les Sapins que nous rencontrions abbatus. Dans toutes ces forêts, il y a presque un aussi grand nombre de ces arbres, que de ceux qui sont sur pied; la terre qui

26 *Mesure du Degré du Méridien**Avût.*

les peut faire croître jusqu'à un certain point, n'est pas capable de les nourrir, ni assés profonde pour leur permettre de s'affermir; la moitié périt ou tombe au moindre vent. Toutes ces forêts sont pleines de Sapins & de Bouleaux ainsi déracinés; le temps a réduit les derniers en poussière, sans avoir causé la moindre altération à l'écorce; & l'on est surpris de trouver de ces arbres assés gros qu'on écrase & qu'on brise dès qu'on les touche. C'est cela peut-être qui a fait penser à l'usage qu'on fait en Suede de l'écorce de Bouleau; on s'en sert pour couvrir les maisons, & rien en effet n'y est plus propre. Dans quelques Provinces, cette écorce est couverte de terre, qui forme sur les toits, des especes de jardins, comme il y en a sur les maisons d'Upsal. En *Westro-Bottnie*, l'écorce est arrêtée par des cylindres de Sapin attachés sur le faite, & qui pendent des deux côtés du toit. Nos forêts donc ne paroissent que des ruines ou des débris de forêts dont la plûpart des arbres étoient péris; c'étoit un bois de cette espece, & affreux entre tous ceux-là que nous traversions à pied, suivis de douze soldats qui portoient notre bagage. Nous arrivâmes



enfin sur le bord d'un troisième lac, grand, & de la plus belle eau du monde; nous y trouvâmes deux bateaux, dans lesquels ayant mis nos instruments & notre bagage, nous attendîmes leur retour sur le bord. Le grand vent, & le mauvais état de ces bateaux, rendirent leur voyage long; cependant ils revinrent, & nous nous y embarquâmes, nous traversâmes le lac, & nous arrivâmes au pied de Niemi à 3 heures après midi.

Cette montagne, que les lacs qui l'environnent, & toutes les difficultés qu'il fallut vaincre pour y parvenir, faisoient ressembler aux lieux enchantés des Fables, seroit charmante par-tout ailleurs qu'en Lapponie; on trouve d'un côté un bois clair dont le terrain est aussi uni que les allées d'un jardin; les arbres n'empêchent point de se promener, ni de voir un beau lac qui baigne le pied de la montagne; d'un autre côté on trouve des sales & des cabinets qui paroissent taillés dans le roc, & auxquels il ne manque que le toit: ces rochers sont si perpendiculaires à l'horison, si élevés & si unis, qu'ils paroissent plutôt des murs commencés pour des Palais, que l'ouvrage de la Nature. Nous vîmes - **D**

28 *Mesure du Degré du Méridien*

*Août.*

plusieurs fois s'élever du lac, ces vapeurs que les gens du pays appellent *Haltios*, & qu'ils prennent pour les esprits auxquels est commise la garde des montagnes : celle-ci étoit formidable par les Ours qui s'y devoient trouver ; cependant nous n'y en vîmes aucun, & elle avoit plus l'air d'une montagne habitée par les Fées & par les Génies, que par les Ours.

Le lendemain de notre arrivée, les brumes nous empêchèrent d'observer. Le 10, nos observations furent interrompues par le tonnerre & par la pluie ; le 11 elles furent achevées, nous quittâmes Niemi, & après avoir repassé les trois lacs, nous nous trouvâmes à Turtula à 9 heures du soir. Nous en partîmes le 12, & arrivâmes à 3 heures après midi à Öfwer-Torneå chés le Curé, où nous trouvâmes nos M.<sup>rs</sup> ; & y ayant laissé M. le Monnier & M. l'Abbé Outhier, je partis le 13 avec M.<sup>rs</sup> Clairaut, Camus & Celsus pour Horrilakero. Nous entrâmes avec quatre bateaux dans le Tengliö qui a ses cataractes, plus incommodes par le peu d'eau qui s'y trouve, & le grand nombre de pierres, que par la rapidité de ses eaux. Je fus surpris de trouver sur ses



bords, si près de la Zone glacée, des roses aussi vermeilles qu'il en naît dans nos jardins. Enfin nous arrivâmes à 9 heures du soir à Horrilakero. Nos observations n'y furent achevées que le 17; & en étant partis le lendemain, nous arrivâmes le soir à Öfwer-Torneå, où nous nous trouvâmes tous réunis.

Le lieu le plus convenable pour la base avoit été choisi; & M.<sup>rs</sup> Clairaut & Camus, après avoir bien visité les bords du fleuve, & les montagnes des environs, avoient déterminé sa direction, & fixé sa longueur par des signaux qu'ils avoient fait élever aux deux extrémités.

Étant montés le soir sur Avasaxa, pour observer les angles qui devoient lier cette base à nos Triangles, nous vîmes Horrilakero tout en feu. C'est un accident qui arrive souvent dans ces forêts, où l'on ne sçauroit vivre l'été que dans la fumée, & où la mousse & les Sapins sont si combustibles, que tous les jours le feu qu'on y allume, y fait des incendies de plusieurs milliers d'arpens. Ces feux, ou leur fumée nous ont quelquefois autant retardés dans nos observations, que l'épaisseur de l'air.

*Août.*

Comme l'incendie d'Horrilakero venoit sans doute du feu que nous y avions laissé mal éteint, on y envoya trente hommes pour lui couper la communication avec les bois voisins. Nous n'achevâmes nos observations sur Avafaxa que le 21 ; Horrilakero brûloit toujours, nous le voyions enseveli dans la fumée ; & le feu qui étoit descendu dans la forêt, y faisoit à chaque instant de nouveaux ravages.

Quelques-uns des gens qu'on avoit envoyés à Horrilakero, ayant rapporté que le signal avoit été endommagé par le feu, on l'envoya rebâtir ; & il ne fut pas difficile d'en retrouver le centre, par les précautions dont j'ai parlé.

Le 22, nous allâmes à *Poiky-Torneå*, sur le bord du fleuve, où étoit le signal septentrional de la base, pour y faire les observations qui la devoient lier avec le sommet des montagnes ; & nous en partîmes le 23 pour nous rendre à l'autre extrémité de cette base, au signal méridional qui étoit sur le bord du fleuve, dans un endroit appelé *Niemisby*, où nous devons faire les mêmes observations. Nous couchâmes cette nuit dans une prairie assés



agréable, d'où M. Camus partit le lendemain pour aller à Pello, préparer quelques cabanes pour nous loger, & faire bâtir un Observatoire sur Kittis, où nous devons faire les observations astronomiques pour déterminer l'amplitude de notre arc.

Après avoir fait notre observation au signal méridional, nous remontâmes le soir sur Cuitaperi, où la dernière observation qui devoit lier la base aux Triangles fut achevée le 26.

Nous venions d'apprendre que le Secteur que nous attendions d'Angleterre, étoit arrivé à Torneå; & nous nous hâtâmes de nous y rendre pour préparer ce Secteur, & tous les autres instrumens que nous devons porter sur Kittis; parce que comme les rigueurs de l'hiver étoient plus à craindre sur Kittis qu'à Torneå, nous voulions commencer avant les grands froids, les observations pour l'amplitude de l'arc à cette extrémité de notre Méridienne. Pendant qu'on préparoit tout pour le voyage de Pello, nous montâmes dans la flèche de l'Eglise qui est bâtie dans l'Isle Swentzar, que je désigne ici, pour qu'on ne la confonde pas avec l'Eglise Finnoise, bâtie dans l'Isle

32 *Mesure du Degré du Méridien*

*Biörcköhn*, au Midi de *Swentzar*; & ayant observé de cette flèche, les angles qu'elle fait avec nos montagnes, nous repartîmes de *Torneå* le 3 Septembre avec quinze bateaux, qui faisoient sur le fleuve la plus grande flote qu'on y eût jamais vûë, & nous vinmes coucher à *Kuckula*.

Le lendemain, nous arrivâmes à *Korpi-kyla*; & pendant que le reste de la Compagnie continuoit sa route vers *Pello*, j'en partis à pied avec M.<sup>rs</sup> *Celsius* & *Outhier* pour aller à *Kakama*, où nous n'arrivâmes qu'à 9 heures du soir par une grande pluye.

Tout le sommet de *Kakama* est d'une pierre blanche, feuilletée & séparée par des plans verticaux, qui coupent fort perpendiculairement le Méridien. Ces pierres avoient tellement retenu la pluye, qui tomboit depuis long-temps, que tous les endroits qui n'étoient pas des pointes de rocher, étoient pleins d'eau; & il plut encore sur nous toute la nuit. Nos observations ne purent être achevées le lendemain; il fallut passer sur cette montagne une seconde nuit aussi humide & aussi froide que la première; & ce ne fut que le 6 que nous achevâmes nos observations.

Après



Après ce fâcheux séjour que nous avons fait sur Kakama, nous en partîmes; & la pluye continuelle, dans une forêt où l'on avoit beaucoup de peine à marcher, nous ayant fait faire les plus grands efforts, nous arrivâmes, après cinq heures de marche, à Korpikyla. Nous y couchâmes cette nuit; & étant partis le lendemain, nous arrivâmes le 9 Septembre à Pello, où nous nous trouvâmes tous réunis.

Toutes nos courses, & un séjour de 63 jours dans les deserts, nous avoient donné la plus belle suite de Triangles que nous pussions souhaiter. Un ouvrage commencé sans sçavoir s'il seroit possible, & pour ainsi dire, au hazard, étoit devenu un ouvrage heureux, dans lequel il sembloit que nous eussions été les maîtres de placer les montagnes à notre gré. Toutes nos montagnes avec l'Eglise de Torneå, formoient une figure fermée, dans laquelle se trouvoit Horrilakero, qui en étoit comme le foyer & le lieu où aboutissoient les Triangles, dans lesquels se divisoit notre figure. C'étoit un long Heptagone qui se trouvoit placé dans la direction du Méridien. Il étoit susceptible d'une vérification

Septembre.

singulière dans ces sortes d'opérations, dépendante de la propriété des Polygones. La somme des angles d'un Heptagone sur un plan, doit être de 900 degrés: la somme dans notre Heptagone couché sur une surface courbe, doit être un peu plus grande; & nous la trouvons de  $900^{\circ} 1' 37''$  après 16 angles observés. Vers le milieu de l'Heptagone se trouvoit une base plus grande qu'aucune qui eût jamais été mesurée, & sur la surface la plus platte, puisque c'étoit sur les eaux du fleuve que nous la devions mesurer, lorsqu'il seroit glacé. La grandeur de cette base nous assûroit de la précision avec laquelle nous pouvions mesurer l'Heptagone; & sa situation ne nous laissoit point craindre que les erreurs pussent aller loin, par le petit nombre de nos Triangles, au milieu desquels elle se trouvoit.

Enfin la longueur de l'arc du Méridien que nous mesurons, étoit fort convenable pour la certitude de notre opération. S'il y a un avantage à mesurer de grands arcs, en ce que les erreurs qu'on peut commettre dans la détermination de l'amplitude, ne sont que les mêmes pour les grands arcs & les petits, & que répandues sur de petits arcs,



elles ont plus d'effet, que répandues sur de grands; d'un autre côté, les erreurs qu'on peut commettre sur les Triangles, peuvent avoir des effets d'autant plus dangereux, que la distance qu'on mesure est plus longue, & que le nombre des Triangles est plus grand. Si ce nombre est grand, & qu'on ne puisse pas se corriger souvent par des bases, ces dernières erreurs peuvent former une série très-divergente, & faire perdre plus d'avantage qu'on n'en retireroit par de grands arcs. J'avois lû à l'Académie, avant mon départ, un Mémoire sur cette matière, où j'avois déterminé la longueur la plus avantageuse qu'il fallût mesurer pour avoir la mesure la plus certaine; cette longueur dépend de la précision avec laquelle on observe les angles horifontaux, comparée à celle que peut donner l'instrument avec lequel on observe la distance des Étoiles au Zénith. Et appliquant à notre opération, les réflexions que j'avois faites, on trouvera qu'un arc plus long ou plus court que le nôtre, ne nous auroit pas donné tant de certitude dans sa mesure.

Nous nous servions, pour observer les angles entre nos signaux, d'un Quart-de-

*Septembre.*

cercle de deux pieds de rayon, armé d'un Micrometre, qui vérifié plusieurs fois autour de l'horison, donnoit toujours la somme des angles fort près de quatre droits; son centre étoit toujours placé au centre des signaux; chacun faisoit son observation, & l'écrivoit séparément; & l'on prenoit ensuite le milieu de toutes ces observations, qui différoient peu les unes des autres.

Sur chaque montagne, on avoit soin d'observer la hauteur ou l'abaissement des objets dont on se servoit pour prendre les angles; & c'est sur ces hauteurs, qu'est fondée la réduction des angles au plan de l'horison.

Cette première partie de notre ouvrage, celle sur laquelle pouvoit tomber l'impossibilité, étant si heureusement terminée, notre courage redoubla pour le reste, qui ne demandoit plus que des peines.

Dans une suite de Triangles qui se tiennent les uns aux autres, par des côtés communs, & dont on connoît les angles, dès qu'on connoît un côté d'un seul de ces Triangles, il est facile de connoître tous les autres. Nous étions donc sûrs d'avoir fort exactement la distance entre la flèche



de l'Eglise de Torneå, qui terminoit notre Heptagone au Midi, & le signal de Kittis, qui le terminoit au Nord, dès qu'une fois la longueur de notre base seroit connue; & cette mesure se pouvoit remettre à l'hiver, où le temps, ni la glace ne nous manqueraient pas.

Nous pensâmes donc à l'autre partie de notre ouvrage; à déterminer l'amplitude de l'arc du Méridien compris entre Kittis & Torneå, que nous regardions comme mesuré. J'ai dit en quoi consistoit cette détermination. Il falloit observer la quantité dont une même Etoile, lorsqu'elle passoit au Méridien, paroissoit plus haute ou plus basse à Torneå qu'à Kittis; ou, ce qui revient au même, la quantité dont cette Etoile à son passage par le Méridien, étoit plus proche ou plus éloignée du Zénith de Torneå que de celui de Kittis. Cette différence entre les deux hauteurs, ou entre les deux distances au Zénith, étoit l'amplitude de l'arc du Méridien terrestre entre Kittis & Torneå. Cette opération est simple, elle ne demande pas même qu'on ait les distances absolües de l'Etoile au Zénith de chaque lieu; il suffit d'avoir la différence entre ces

*Septembre.*

distances. Mais cette opération demande la plus grande exactitude, & les plus grandes précautions. Nous avions pour la faire, un Secteur d'environ 9 pieds de rayon, semblable à celui dont se sert M. Bradley, & avec lequel il a fait sa belle découverte sur l'Aberration des Fixes. L'instrument avoit été fait à Londres, sous les yeux de M. Graham, de la Société Royale d'Angleterre. Cet habile Méchanicien s'étoit appliqué à lui procurer tous les avantages, & toutes les commodités dont nous pouvions avoir besoin : enfin il en avoit divisé lui-même le limbe.

Il y a trop de choses à remarquer dans cet instrument, pour entreprendre d'en faire ici une description complète. Quoique ce qui constituë proprement l'instrument, soit fort simple ; sa grandeur, le nombre des pièces qui servent à le rendre commode pour l'observateur, la pesanteur d'une large pyramide d'environ 12 pieds de hauteur qui lui sert de pied, rendoient presque impraticable son accès sur le sommet d'une montagne de Laponie.

On avoit bâti sur Kittis deux observatoires. Dans l'un étoit une Pendule de M.



Graham, un Quart-de-cercle de 2 pieds <sup>Septembre</sup> de rayon, & un instrument qui consistoit dans une Lunette perpendiculaire & mobile autour d'un axe horisontal, que nous devions encore aux soins de M. Graham ; cet instrument étoit placé précisément au centre du signal qui avoit servi de pointe à notre dernier Triangle ; & l'on s'en servoit pour déterminer la direction de nos Triangles avec la Méridienne. L'autre observatoire, beaucoup plus grand, étoit à côté de celui-là, & si près qu'on pouvoit aisément entendre compter à la Pendule de l'un à l'autre ; le Secteur le remplissoit presque tout. Je ne parlerai point des difficultés qui se trouvèrent à transporter tant d'instruments sur la montagne. Cela se fit ; on plaça fort exactement le limbe du Secteur dans le plan du Méridien qu'on avoit tracé, & l'on s'assûra qu'il étoit bien placé, par l'heure du passage de l'Etoile, dont on avoit pris des hauteurs. Enfin tout étoit prêt pour observer le 30 Septembre ; & l'on fit les jours suivans, les observations de l'Etoile *du Dragon*, entre lesquelles la plus grande différence qui se trouve, n'est pas de 3 secondes.

40 *Mesure du Degré du Méridien**Octobre.*

Pendant qu'on observoit cette Étoile avec le Secteur, les autres observations n'étoient pas négligées ; on regloit tous les jours la Pendule avec soin, par les hauteurs correspondantes du Soleil ; & l'on observoit avec l'instrument dont j'ai parlé, le passage du Soleil, & l'heure du passage par les Verticaux des signaux de Niemi & de Pullingi. On détermina par ce moyen, la position de notre Heptagone à l'égard de la Méridienne ; & huit de ces observations, dont les plus écartées n'ont pas entr'elles une minute de différence, donnent par un milieu, l'angle que forme avec la Méridienne de Kittis, la ligne tirée du signal de Kittis au signal de Pullingi, de  $28^{\circ} 51' 52''$ .

Toutes ces observations s'étoient faites fort heureusement ; mais les pluyes & les brumes les avoient tant retardées, que nous étions venus à un temps où l'on ne pouvoit presque plus entreprendre le retour à Torneâ ; cependant il y falloit faire les autres observations correspondantes de la même Étoile ; & nous voulions tâcher qu'il s'écoulât le moins de temps qu'il seroit possible entre ces observations, afin d'éviter



les erreurs qui auroient pû naître du mouvement de l'Étoile, en cas qu'elle en eût quelqu'un qui ne fût pas connu. *Octobre.*

On voit assés que toute cette opération étant fondée sur la différence de la hauteur méridienne d'une même Étoile observée à Kittis & à Torneå, il faut que cette Étoile pendant l'opération, demeure à la même place; ou du moins que s'il lui arrive quelque changement d'élevation qui lui soit propre, on connoisse ce changement, afin de ne le pas confondre avec celui qui dépend de la courbûre de l'arc qu'on cherche.

Les Astronomes ont observé depuis plusieurs siècles, un mouvement des Étoiles autour des Poles de l'Écliptique, d'où naît la Précession des Équinoxes, & un changement de déclinaison dans les Étoiles, dont on peut tenir compte dans l'affaire dont nous parlons.

Mais il y a dans les Étoiles, un autre changement en déclinaison, sur lequel, quoiqu'observé plus récemment, je crois qu'on peut compter aussi sûrement que sur l'autre. Quoique M. Bradley soit le premier qui ait découvert les règles de ce changement, l'exactitude de ses observations, &

*Octobre.* l'instrument avec lequel il les a faites, équivalent à plusieurs siècles d'observations ordinaires. Il a trouvé que chaque Étoile observée pendant le cours d'une année, sembloit décrire dans les Cieux, une petite Ellipse dont le grand axe est d'environ 40". Comme il sembloit d'abord y avoir de grandes variétés dans ce mouvement des Étoiles, ce ne fut qu'après une longue suite d'observations que M. Bradley trouva la théorie de laquelle ce mouvement, ou plutôt cette apparence, dépend. S'il avoit fallu son exactitude pour découvrir ce mouvement, il fallut sa sagacité pour découvrir le principe qui le produit. Nous n'expliquerons point le Système de cet illustre Astronome, qu'on peut voir, beaucoup mieux qu'on ne le verroit ici, dans les *Transactions Philosophiques*, N.º 406. Nous dirons seulement que cette différence qui arrive dans le lieu des Étoiles, observé de la Terre, vient du mouvement de la lumière que l'Étoile lance, & du mouvement de la Terre dans son orbite, combinés l'un avec l'autre. Si la Terre étoit immobile, il faudroit donner une certaine inclinaison à la Lunette, à travers laquelle on observe une



Étoile, pour que le rayon qui part de cette Étoile, la traversât par le centre, & parvînt à l'œil. Mais si la Terre qui porte la Lunette, se meut avec une vitesse comparable à la vitesse du rayon de lumière, ce ne sera plus la même inclinaison qu'il faudra donner à la Lunette; il la faudra changer de situation, pour que le rayon qui la traverse par le centre, puisse parvenir à l'œil; & les différentes positions de la Lunette dépendront des différentes directions dans lesquelles la Terre se meut en différents temps de l'année. Le calcul fait d'après ce principe, d'après la vitesse de la Terre dans son orbite, & d'après la vitesse de la lumière connuë par d'autres expériences; le changement des Étoiles en déclinaison se trouve tel que M. Bradley l'a observé; & l'on est en état d'ajouter ou de soustraire à la déclinaison de chaque Étoile, la quantité nécessaire pour la considérer comme fixe pendant le temps écoulé entre les observations qu'on compare les unes aux autres, pour déterminer l'amplitude d'un arc du Méridien.

Quoique le mouvement de chaque Étoile dans le cours de l'année, suive fort exactement la loi qui dépend de cette théorie,

44 *Mesure du Degré du Méridien**Octobre.*

M. Bradley a découvert encore un autre mouvement des Étoiles, beaucoup plus lent que les deux dont nous venons de parler, & qui n'est guère sensible qu'après plusieurs années. Il faudra encore, si l'on veut avoir la plus grande exactitude, tenir compte de ce troisième mouvement. Mais pour notre opération, dans laquelle le temps écoulé entre les observations, est très-court, son effet est insensible, ou du moins beaucoup plus petit que tout ce qu'on peut raisonnablement espérer de déterminer dans ces sortes d'opérations. En effet, j'avois consulté M. Bradley, pour sçavoir s'il avoit quelques observations immédiates des deux Étoiles dont nous nous sommes servis pour déterminer l'amplitude de notre arc. Quoiqu'il n'ait point observé nos Étoiles, parce qu'elles passent trop loin de son zénith, pour pouvoir être observées avec son instrument, il a bien voulu me faire part de ses dernières découvertes sur l'Aberration, & sur ce troisième mouvement des Étoiles : & la correction qu'il m'a envoyée pour notre amplitude, dans laquelle il a eu égard à la Précession des Équinoxes, à l'Aberration de la Lumière, & à ce mouvement nouveau,



ne diffère pas sensiblement de la correction que nous avons faite pour la Précession & l'Aberration seulement ; comme on le verra dans le détail de nos opérations.

Quoiqu'on puisse donc assés sûrement compter sur la correction pour l'Aberration de la lumière, nous voulions tâcher que cette correction fût peu considérable ; pour satisfaire ceux ( s'il y en a ) qui ne voudroient pas encore admettre la théorie de M. Bradley, ou qui croiroient qu'il y a quelqu'autre mouvement dans les Étoiles : il falloit pour cela que le temps qui s'écouleroit entre les observations de Kittis & celles de Torneâ, fût le plus court qu'il seroit possible.

Nous avons vû de la glace dès le 19 Septembre, & de la neige le 21 ; plusieurs endroits du fleuve avoient déjà glacé ; & ces premières glaces qui sont imparfaites, le rendent quelquefois long-temps innavigable, & impraticable aux traîneaux.

En attendant à Pello, nous risquions de ne pouvoir arriver à Torneâ, qu'après un temps qui mettroit un trop long intervalle entre les observations déjà faites, & celles que nous devons y faire ; nous

*Octobre.*

risquions même que notre Étoile nous échappât, & que le Soleil qui s'en approchoit, nous la fît disparoître. Il eût fallu alors revenir dans le fort de l'hiver, faire de nouvelles observations de quelqu'autre Étoile sur Kittis; & c'étoit une chose qui ne paroissoit guère praticable ni possible, que de passer les nuits d'hiver sur cette montagne à observer.

En partant, on couroit risque d'être pris sur le fleuve par les glaces, & arrêté avec tous les instruments, on ne sçait où, ni pour combien de temps. On risquoit encore de voir par-là les observations de Kittis devenir inutiles; & nous voyions combien les observations déjà faites, étoient un bien difficile à retrouver dans un Pays, où les observations sont si rares: où tout l'été nous ne pouvions espérer de voir aucune des Étoiles que pouvoit embrasser notre Secteur, par leur petitesse, & par le jour continuel qui les efface; & où l'hiver rendoit l'observatoire de Kittis inhabitable. Nous déliberâmes sur toutes ces difficultés; & nous résolûmes de risquer le voyage. M.<sup>rs</sup> Camus & Celsius partirent le 23 avec le Secteur; le lendemain M.<sup>rs</sup> Clairaut &



le Monnier; enfin le 26 je partis avec M. *Octobre.*  
l'Abbé Outhier. Nous fûmes assés heureux  
pour arriver à Torneå en bateau le 28  
Octobre; & l'on nous assûroit que le fleuve  
n'avoit presque jamais été navigable dans  
cette saison.

L'observatoire que nous avions fait pré-  
parer à Torneå, étoit prêt à recevoir le  
Secteur, & on l'y plaça dans le plan du  
Méridien. Le 1<sup>er</sup> Novembre, il commença *Novembre*  
à geler très-fort, & le lendemain tout le  
fleuve étoit pris. La glace ne fondit plus,  
la neige vint bien-tôt la couvrir; & ce vaste  
fleuve qui, peu de jours auparavant, étoit  
couvert de Cygnes & de toutes les especes  
d'Oiseaux aquatiques, ne fut plus qu'une  
plaine immense de glace & de neige.

On commença le 1<sup>er</sup> Novembre à ob-  
server la même Étoile, qu'on avoit observée  
à Kittis, & avec les mêmes précautions;  
& les plus écartées de ces observations ne  
diffèrent que d'une seconde. Tant ces der-  
nières observations que celles de Kittis,  
avoient été faites sans éclairer les fils de la  
Lunette, à la lueur du jour. Et prenant  
un milieu entre les unes & les autres,  
réduisant les parties du Micrometre en

48 *Mesure du Degré du Méridien**Novembre.*

secondes, & ayant égard au changement en déclinaison de l'Étoile, pendant le temps écoulé entre les observations, tant pour la précession des Équinoxes, que pour les autres mouvements de l'Étoile, on trouve pour l'amplitude de notre arc  $57' 27''$ .

Tout notre ouvrage étoit fait pour ainsi dire; il étoit arrêté, sans que nous pussions sçavoir s'il nous feroit trouver la Terre allongée ou aplatie; parce que nous ne sçavions pas quelle étoit la longueur de notre base. Ce qui nous restoit à faire, n'étoit pas une opération difficile en elle-même, ce n'étoit que de mesurer à la perche, la distance entre deux signaux qu'on avoit plantés l'été passé; mais cette mesure devoit se faire sur la glace d'un fleuve de Lapponie, dans un pays où chaque jour rendoit le froid plus insupportable; & la distance à mesurer étoit de plus de 3 lieuës.

On nous conseilloit de remettre la mesure de cette base au printemps; parce qu'alors, outre la longueur des jours, les premières fontes qui arrivent à la superficie de la neige, qui sont bien-tôt suivies d'une nouvelle gelée, y forment une espece de croûte capable de porter les hommes; au lieu



lieu que pendant tout le fort de l'hiver, *Novembre*  
 la neige de ces pays n'est qu'une espece de  
 poussière fine & sèche, haute communément  
 de quatre ou cinq pieds, dans laquelle il  
 est impossible de marcher, quand elle est  
 une fois parvenue à cette hauteur. Malgré  
 ce que nous voyions tous les jours, nous  
 craignons d'être surpris par quelque degel.  
 Nous ne sçavions pas qu'il seroit encore  
 temps au mois de Mai, de mesurer la base:  
 & tous les avantages que nous pouvions  
 trouver au printemps, disparurent devant  
 la crainte la moins fondée de manquer  
 notre mesure.

Cependant nous ne sçavions point si la  
 hauteur des neiges permettoit encore de  
 marcher sur le fleuve à l'endroit de la base;  
 & M.<sup>rs</sup> Clairaut, Outhier & Celsius par-  
 tirent le 10 Décembre pour en aller juger. *Décembre*  
 Ils trouvèrent les neiges déjà très-hautes;  
 mais comme cependant elles ne faisoient  
 pas desespérer de pouvoir mesurer, nous  
 nous rendîmes tous à Öfwer-Torneå.

M. Camus, aidé de M. l'Abbé Outhier  
 employa le 19 & le 20 à ajuster huit per-  
 ches de 30 pieds chacune, d'après une toise  
 de fer que nous avions apportée de France,

*Décembre.*

& qu'on avoit soin pendant cette opération, de tenir dans un lieu où le Thermometre de M. de Reaumur étoit à 15 degrés au-dessus de zero, & celui de M. Prins à 62 degrés, ce qui est la température des mois d'Avril & Mai à Paris. Nos perches une fois ajustées, le changement que le froid pouvoit apporter à leur longueur, n'étoit pas à craindre; parce que nous avons observé qu'il s'en falloit beaucoup que le froid & le chaud causassent sur la longueur des mesures de Sapin, des effets aussi sensibles que ceux qu'ils causent sur la longueur des mesures de fer. Toutes les expériences que nous avons faites sur cela, nous ont donné des variations de longueur presque insensibles. Et quelques expériences me feroient croire que les mesures de bois, au lieu de se raccourcir au froid, comme les mesures de métal, s'y allongent. Peut-être un reste de sève qui étoit encore dans ces mesures, se glaçoit-il lorsqu'elles étoient exposées au froid, & les faisoit-il participer à la propriété des liqueurs, dont le volume augmente lorsqu'elles se gèlent. M. Camus avoit pris de telles précautions pour ajuster ces perches, que malgré leur extrême lon-



gueur, lorsqu'on les présentoit entre deux bornes de fer, elles y entroient si juste que l'épaisseur d'une feuille du papier le plus mince de plus ou de moins, rendoit l'entrée impossible, ou trop libre.

Ce fut le vendredi 21 Décembre, jour du Solstice d'hiver, jour remarquable pour un pareil ouvrage, que nous commençâmes la mesure de notre base vers Avalaxa, où elle se trouvoit. A peine le Soleil se levoit-il alors vers le midi; mais les longs crépuscules, la blancheur des neiges, & les feux dont le Ciel est toujours éclairé dans ces pays, nous donnoient chaque jour assés de lumière pour travailler quatre ou cinq heures. Nous partîmes à 11 heures du matin de chés le Curé d'Öfwer-Torneå, où nous logeâmes pendant cet ouvrage; & nous nous rendîmes sur le fleuve, où nous devions commencer la mesure, avec un tel nombre de traîneaux, & un si grand équipage, que les Lapons descendirent de leurs montagnes, attirés par la nouveauté du spectacle. Nous nous partageâmes en deux bandes, dont chacune portoit quatre des mesures dont nous venons de parler. Je ne dirai rien des fatigues, ni des périls de cette opération;

## 52 *Mesure du Degré du Méridien*

*Décembre.*

on imaginera ce que c'est que de marcher dans une neige haute de 2 pieds, chargés de perches pesantes, qu'il falloit continuellement poser sur la neige & relever ; pendant un froid si grand, que la langue & les levres se geloient sur le champ contre la tasse, lorsqu'on vouloit boire de l'Eau-de-vie, qui étoit la seule liqueur qu'on pût tenir assés liquide pour la boire, & ne s'en arrachioient que sanglantes ; pendant un froid qui gela les doigts de quelques-uns de nous, & qui nous menaçoit à tous momens d'accidents plus grands encore. Tandis que les extrémités de nos corps étoient glacées, le travail nous faisoit suer. L'eau-de-vie ne pût suffire à nous désalterer, il fallut creuser dans la glace, des puits profonds, qui étoient presque aussitôt refermés, & d'où l'eau pouvoit à peine parvenir liquide à la bouche. Et il falloit s'exposer au dangereux contraste, que pouvoit produire dans nos corps échauffés, cette eau glacée.

Cependant l'ouvrage avançoit ; six journées de travail l'avoient conduit au point, qu'il ne restoit plus à mesurer qu'environ 500 toises, qui n'avoient pû être remplies de piquets assés tôt. On interrompit donc



la mesure le 27, & M.<sup>rs</sup> Clairaut, Camus & le Monnier allèrent planter ces piquets, pendant qu'avec M. l'Abbé Outhier, j'employai ce jour à une entreprise affés extraordinaire.

Une observation de la plus légère conséquence, & qu'on auroit pû négliger dans les pays les plus commodes, avoit été oubliée l'été passé; on n'avoit point observé la hauteur d'un objet, dont on s'étoit servi en prenant d'Avasaxa, l'angle entre Cuitaperi & Horrilakero. L'envie que nous avons que rien ne manquât à notre ouvrage, nous faisoit pousser l'exactitude jusqu'au scrupule. J'entrepris de monter sur Avasaxa avec un Quart-de-cercle. Si l'on conçoit ce que c'est qu'une montagne fort élevée, remplie de rochers, qu'une quantité prodigieuse de neiges cache, & dont elle recouvre les cavités, dans lesquelles on peut être abîmé, on ne croira guère possible d'y monter. Il y a cependant deux manières de le faire: l'une en marchant ou plutôt glissant sur deux planches étroites, longues de 8 pieds, dont se servent les Finnois & les Lapons, pour ne pas enfoncer dans la neige, manière d'aller, qui a besoin d'un long exercice;

*Décembre.*

l'autre en se confiant aux Reenes qui peuvent faire un pareil voyage.

Ces animaux ne peuvent traîner qu'un fort petit bateau, dans lequel à peine peut entrer la moitié du corps d'un homme: ce bateau destiné à naviguer dans la neige, pour trouver moins de résistance contre la neige qu'il doit fendre avec la prouë, & sur laquelle il doit glisser, a la figure des bateaux dont on se sert sur la Mer, c'est-à-dire, a une prouë pointuë, & une quille étroite dessous, qui le laisse rouler, & verser continuellement, si celui qui est dedans, n'est bien attentif à conserver l'équilibre. Le bateau est attaché par une longe au poitrail du Reene, qui court avec fureur lorsque c'est sur un chemin battu & ferme. Si l'on veut arrêter, c'est en vain qu'on tire une espee de bride attachée aux cornes de l'animal; indocile & indomtable, il ne fait le plus souvent que changer de route; quelquefois même il se retourne, & vient se vanger à coups de pied. Les Lapons savent alors renverser le bateau sur eux, & s'en servir comme d'un bouclier contre les fureurs du Reene. Pour nous, peu capables de cette ressource, nous eussions été



tués avant que d'avoir pû nous mettre à couvert. Toute notre défense fut un petit bâton qu'on nous mit à la main, qui est comme le gouvernail, avec lequel il faut diriger le bateau, & éviter les troncs d'arbres. C'étoit ainsi que m'abandonnant aux Reenes, j'entrepris d'escalader Avafaxa, accompagné de M. l'Abbé Outhier, de deux Lappons & une Lappone, & de M. Brunnius leur Curé. La première partie du voyage se fit dans un instant; il y avoit un chemin dur & battu depuis la maison du Curé jusqu'au pied de la montagne, & nous le parcourûmes avec une vîtesse, qui n'est comparable qu'à celle de l'Oiseau qui vole. Quoique la montagne, sur laquelle il n'y avoit aucun chemin, retardât les Reenes, ils nous conduisirent jusques sur le sommet; & nous y fîmes aussi-tôt l'observation, pour laquelle nous y étions venus. Pendant ce temps-là, nos Reenes avoient creusé des trous profonds dans la neige, où ils passoient la mousse, dont les rochers de cette montagne sont couverts; & nos Lappons avoient allumé un grand feu, où nous vînmes bientôt nous chauffer avec eux. Le froid étoit si grand, que la chaleur ne pouvoit s'éten-

Decembre.

dre à la moindre distance; si la neige se fondoit dans les endroits que touchoit le feu, elle se regeloit tout autour, & formoit un foyer de glace.

Si nous avions eu beaucoup de peine à monter sur Avasaxa, nous craignîmes alors de descendre trop vite une montagne escarpée, dans des voitures qui, quoique submergées dans la neige, glissent toujours, traînés par des animaux déjà terribles dans la plaine; & qui, quoiqu'enfonçant jusqu'au ventre dans la neige, cherchoient à s'en délivrer par leur vitesse. Nous fûmes bientôt au pied d'Avasaxa; & le moment d'après, tout le grand fleuve fut traversé, & nous à la Maison.

Le lendemain, nous achevâmes la mesure de notre base; & nous ne dûmes pas regretter la peine qu'il y a de faire un pareil ouvrage sur un fleuve glacé, lorsque nous vîmes l'exactitude que la glace nous avoit donnée. La différence qui se trouvoit entre les mesures de nos deux troupes, n'étoit que de quatre pouces sur une distance de 7406 toises 5 pieds; exactitude qu'on n'oseroit attendre, & qu'on n'oseroit presque dire. Et l'on ne scauroit la regarder comme



un effet du hazard & des compensations qui se seroient faites après des différences plus considérables ; car cette petite différence nous vint presque toute le dernier jour. Nos deux troupes avoient mesuré tous les jours le même nombre de toises ; & tous les jours, la différence qui se trouvoit entre les deux mesures, n'étoit pas d'un pouce dont l'une avoit tantôt surpassé l'autre, & tantôt en avoit été surpassée. Cette justesse, quoique dûë à la glace, & au soin que nous prenions en mesurant, faisoit voir encore combien nos perches étoient égales : car la plus petite inégalité entre ces perches, auroit causé une différence considérable sur une distance aussi longue qu'étoit notre base.

Nous connoissions l'amplitude de notre arc ; & toute notre figure déterminée n'attendoit plus que la mesure de l'échelle à laquelle on devoit la rapporter, que la longueur de la base. Nous vîmes donc aussi-tôt que cette base fut mesurée, que la longueur de l'arc du Méridien intercepté entre les deux Paralleles, qui passent par notre observatoire de Tornéa & celui de Kittis, étoit de  $55023 \frac{1}{2}$  toises ; que cette longueur ayant pour amplitude  $57' 27''$ , le degré

58 *Mesure du Degré du Méridien*

Décembre.

du Méridien sous le Cercle Polaire étoit plus grand de près de 1000 toises qu'il ne devoit être selon les mesures du Livre de la Grandeur & Figure de la Terre.

Après cette opération, nous nous hâtâmes de revenir à Torneå, tâcher de nous garantir des dernières rigueurs de l'hiver.

La ville de Torneå, lorsque nous y arrivâmes le 30 Décembre, avoit véritablement l'air affreux. Ses maisons basses se trouvoient enfoncées jusqu'au toit dans la neige, qui auroit empêché le jour d'y entrer par les fenêtres, s'il y avoit eu du jour : mais les neiges toujours tombantes, ou prêtes à tomber, ne permettoient presque jamais au Soleil de se faire voir pendant quelques moments dans l'horison vers midi. Le froid fut si grand dans le mois de Janvier, que nos Thermometres de mercure, de la construction de M. de Reaumur, ces Thermometres qu'on fut surpris de voir descendre à 14 degrés au-dessous de la congélation à Paris dans les plus grands froids du grand hiver de 1709, descendirent alors à 37 degrés : ceux d'esprit de Vin gelèrent. Lorsqu'on ouvroit la porte d'une chambre chaude, l'air de dehors



convertissoit sur le champ en neige, la vapeur qui s'y trouvoit, & en formoit de gros tourbillons blancs : lorsqu'on sortoit, l'air sembloit déchirer la poitrine. Nous étions avertis & menacés à tous moments des augmentations de froid, par le bruit avec lequel les bois dont toutes les maisons sont bâties, se fendoient. A voir la solitude qui regnoit dans les ruës, on eût cru que tous les habitants de la ville étoient morts. Enfin on voyoit à Torneâ, des gens mutilés par le froid : & les habitants d'un climat si dur, y perdent quelquefois le bras ou la jambe. Le froid, toujourns très-grand dans ces pays, reçoit souvent tout-à-coup des augmentations qui le rendent presque infailliblement funeste à ceux qui s'y trouvent exposés. Quelquefois il s'éleve tout-à-coup des tempêtes de neige, qui exposent encore à un plus grand péril : il semble que le vent souffle de tous les côtés à la fois ; & il lance la neige avec une telle impétuosité, qu'en un moment tous les chemins sont perdus. Celui qui est pris d'un tel orage à la campagne, voudroit en vain se retrouver par la connoissance des lieux, ou des marques faites aux arbres ; il est aveuglé

60 *Mesure du Degré du Méridien*

par la neige, & s'y abîme s'il fait un pas.

Si la terre est horrible alors dans ces climats, le ciel présente aux yeux les plus charmants spectacles. Dès que les nuits commencent à être obscures, des feux de mille couleurs & de mille figures, éclairent le ciel; & semblent vouloir dédommager cette terre, accoutumée à être éclairée continuellement, de l'absence du Soleil qui la quitte. Ces feux dans ces pays, n'ont point de situation constante, comme dans nos pays méridionaux. Quoiqu'on voye souvent un arc d'une lumière fixe vers le Nord, ils semblent cependant le plus souvent occuper indifféremment tout le ciel. Ils commencent quelquefois par former une grande écharpe d'une lumière claire & mobile, qui a ses extrémités dans l'horison, & qui parcourt rapidement les cieux, par un mouvement semblable à celui du filet des pêcheurs, conservant dans ce mouvement assés sensiblement la direction perpendiculaire au Méridien. Le plus souvent après ces préludes, toutes ces lumières viennent se réunir vers le Zénith, où elles forment le sommet d'une espee de couronne. Souvent des arcs, semblables à ceux que nous voyons en France vers



Le Nord, se trouvent situés vers le Midi; souvent il s'en trouve vers le Nord & vers le Midi tout ensemble : leurs sommets s'approchent, pendant que leurs extrémités s'éloignent en descendant vers l'horison. J'en ai vû d'ainfi opposés, dont les sommets se touchoient presque au Zénith; les uns & les autres ont souvent au-delà plusieurs autres arcs concentriques. Ils ont tous leurs sommets vers la direction du Méridien, avec cependant quelque déclinaison occidentale, qui ne m'a pas paru toujours la même, & qui est quelquefois insensible. Quelques-uns de ces arcs, après avoir eu leur plus grande largeur au-dessus de l'horison, se resserrent en s'en approchant, & forment au-dessus plus de la moitié d'une grande Ellipse. On ne finiroit pas, si l'on vouloit dire toutes les figures que prennent ces lumières, ni tous les mouvements qui les agitent. Leur mouvement le plus ordinaire, les fait ressembler à des drapeaux qu'on feroit voltiger dans l'air; & par les nuances des couleurs dont elles sont teintes, on les prendroit pour de vastes bandes de ces taffetas, que nous appellons *flambés*. Quelquefois elles tapissent quelques en-

## 62 *Mesure du Degré du Méridien*

droits du ciel, d'écarlate. Je vis un jour à Öfwer-Torneå (c'étoit le 18 Décembre) un spectacle de cette espece, qui attira mon admiration, malgré tous ceux auxquels j'étois accoûtumé. On voyoit vers le Midi, une grande région du ciel teinte d'un rouge si vif, qu'il sembloit que toute la Constellation d'Orion fût trempée dans du sang : cette lumière, fixe d'abord, devint bientôt mobile, & après avoir pris d'autres couleurs, de violet & de bleu, elle forma un dôme dont le sommet étoit peu éloigné du Zénith vers le Sud-Ouest ; le plus beau clair de Lune n'effaçoit rien de ce spectacle. Je n'ai vû que deux de ces lumières rouges qui sont rares dans ce pays, où il y en a de tant de couleurs ; & on les y craint comme le signe de quelque grand malheur. Enfin lorsqu'on voit ces phénomènes, on ne peut s'étonner que ceux qui les regardent avec d'autres yeux que les Philosophes, y voyent des chars enflammés, des armées combattantes, & mille autres prodiges.

Nous demeurâmes à Torneå, renfermés dans nos chambres, dans une espece d'inaction, jusqu'au mois de Mars, que nous fîmes de nouvelles entreprises,



La longueur de l'arc que nous avions mesuré, qui différoit tant de ce que nous devions trouver, suivant les mesures du Livre de la grandeur & figure de la Terre, nous étonnoit; & malgré l'incontestabilité de notre opération, nous résolûmes de faire les vérifications les plus rigoureuses de tout notre ouvrage.

Quant à nos Triangles, tous leurs angles avoient été observés tant de fois, & par un si grand nombre de personnes qui s'accordoient, qu'il ne pouvoit y avoir aucun doute sur cette partie de notre ouvrage. Elle avoit même un avantage qu'aucun autre ouvrage de cette espece n'avoit encore eu: dans ceux qu'on a faits jusqu'ici, on s'est contenté quelquefois d'observer deux angles, & de conclurre le troisiéme. Quoique cette pratique nous eût été bien commode, & qu'elle nous eût épargné plusieurs séjours désagréables sur le sommet des montagnes, nous ne nous étions dispensés d'aucun de ces séjours, & tous nos angles avoient été observés.

De plus, quoique pour déterminer la distance entre Torneå & Kittis, il n'y eût que 8 Triangles nécessaires; nous avons

## 64 *Mesure du Degré du Méridien*

observé plusieurs angles surnuméraires : & notre Heptagone donnoit par-là des combinaisons ou suites de Triangles sans nombre.

Notre ouvrage, quant à cette partie, avoit donc été fait, pour ainsi dire, un très-grand nombre de fois ; & il n'étoit question que de comparer par le calcul, les longueurs que donnoient toutes ces différentes suites de Triangles. Nous poussâmes la patience jusqu'à calculer 12 de ces suites : & malgré des Triangles rejettables dans de pareilles opérations, par la petitesse de leurs angles, que quelques-unes contenoient, nous ne trouvions pas de différence plus grande que de 54 toises entre toutes les distances de Kittis à Torneå, déterminées par toutes ces combinaisons : & nous nous arrêtâmes à deux, que nous avons jugé préférables aux autres, qui différoient entr'elles de  $4\frac{1}{2}$  toises, & dont nous avons pris le milieu pour déterminer la longueur de notre arc.

Le peu de différence qui se trouvoit entre toutes ces distances, nous auroit étonnés, si nous n'eussions sçû quels soins, & combien de temps nous avions employés dans l'observation de nos angles. Huit ou neuf  
Triangles



Triangles nous avoient coûté 63 jours; & chacun des angles avoit été pris tant de fois, & par tant d'observateurs différens, que le milieu de toutes ces observations ne pouvoit manquer d'approcher fort près de la vérité.

Le petit nombre de nos Triangles nous mettoit à portée de faire un calcul singulier, & qui peut donner les limites les plus rigoureuses de toutes les erreurs que la plus grande mal-adresse, & le plus grand malheur joints ensemble, pourroient accumuler. Nous avons supposé que dans tous les Triangles depuis la base, on se fût toujourns trompé de 20" dans chacun des deux angles, & de 40" dans le troisiéme; & que toutes ces erreurs allassent toujourns dans le même sens, & tendissent toujourns à diminuer la longueur de notre arc. Et le calcul fait d'après une si étrange supposition, il ne se trouve que  $54 \frac{1}{2}$  toises pour l'erreur qu'elle pourroit causer.

L'attention avec laquelle nous avons mesuré la base, ne nous pouvoit laisser aucun soupçon sur cette partie. L'accord d'un grand nombre de personnes intelligentes, qui écrivoient séparément le nombre des

perches; & la répétition de cette mesure avec 4 pouces seulement de différence, faisoient une sûreté & une précision superflus.

Nous tournâmes donc le reste de notre examen vers l'amplitude de notre arc. Le peu de différence qui se trouvoit entre nos observations, tant à Kittis qu'à Torneå, ne nous laissoit rien à desirer, quant à la manière dont on avoit observé.

A voir la solidité & la construction de notre Secteur, & les précautions que nous avons prises en le transportant, il ne paroïssoit pas à craindre qu'il lui fût arrivé aucun dérangement.

Le limbe, la lunette & le centre de cet instrument, ne forment qu'une seule pièce; & les fils au foyer de l'objectif, sont deux fils d'argent, que M. Graham a fixés, de manière qu'il ne peut arriver aucun changement dans leur situation, & que malgré les effets du froid & du chaud, ils demeurent toujours également tendus. Ainsi les seuls dérangements qui paroïtroient à craindre pour cet instrument, sont ceux qui altéreroient sa figure en courbant la lunette. Mais si l'on fait le calcul des effets de telles



altérations, on verra que pour qu'elles causassent une erreur d'une seconde dans l'amplitude de notre arc, il faudroit une flexion si considérable qu'elle seroit facile à appercevoir. Cet instrument, dans une boîte fort solide, avoit fait le voyage de Kittis à Torneå en bateau, toujours accompagné de quelqu'un de nous, & descendu dans les cataractes, & porté par des hommes.

La situation de l'Étoile que nous avions observée, nous assûroit encore contre la flexion qu'on pourroit craindre qui arrivât au rayon ou à la lunette de ces grands instruments, lorsque l'Étoile qu'on observe est éloignée du Zénith, & qu'on les incline pour les diriger à cette Étoile. Leur seul poids les pourroit faire plier; & la méthode d'observer l'Étoile des deux différents côtés de l'instrument, qui peut remedier à quelques autres accidents, ne pourroit remédier à celui-ci: car s'il est arrivé quelque flexion à la Lunette, lorsqu'on observoit, la face de l'instrument tournée vers l'Est; lorsqu'on retournera la face vers l'Ouest, il se fera une nouvelle flexion en sens contraire, & à peu près égale; de manière que le point qui

répondoit au Zénith, lorsque la face de l'instrument étoit tournée vers l'Est, y répondra peut-être encore lorsqu'elle sera tournée vers l'Ouest ; sans que pour cela l'arc qui mesurera la distance au Zénith, soit juste. La distance de notre Étoile au zénith de Kittis, n'étoit pas d'un demi-degré ; ainsi il n'étoit point à craindre que notre Lunette approchant si fort de la situation verticale, eût souffert aucune flexion.

Quoique par toutes ces raisons, nous ne pussions pas douter que notre amplitude ne fût juste, nous voulûmes nous assurer encore par l'expérience qu'elle l'étoit : & nous employâmes pour cela la vérification la plus pénible, mais celle qui nous pouvoit le plus satisfaire, parce qu'elle nous feroit découvrir en même temps & la justesse de notre instrument, & la précision avec laquelle nous pouvions compter avoir l'amplitude de notre arc.

Cette vérification consistoit à déterminer de nouveau l'amplitude du même arc par une autre Étoile. Nous attendîmes donc l'occasion de pouvoir faire quelques observations consécutives d'une même Étoile, ce qui est difficile dans ces pays, où rarement



on a trois ou quatre belles nuits de suite : & ayant commencé le 17 Mars 1737 à observer l'Étoile  $\alpha$  du Dragon à Torneå dans le même lieu qu'auparavant, & ayant eu trois bonnes observations de cette Étoile, nous partîmes pour aller faire les observations correspondantes sur Kittis. Cette fois notre Secteur fut transporté dans un traîneau qui n'alloit qu'au pas sur la neige, voiture la plus douce de toutes celles qu'on peut imaginer. Notre nouvelle Étoile passoit encore plus près du Zénith que l'autre, puisqu'elle n'étoit pas éloignée d'un quart de degré du zénith de Torneå.

Mars  
1737.

La Méridienne tracée dans notre observatoire sur Kittis, nous mit en état de placer promptement notre Secteur ; & le 4 Avril, nous y commençâmes les observations de  $\alpha$ . Nous eûmes encore sur Kittis trois observations qui, comparées à celles de Torneå, nous donnèrent l'amplitude de  $57' 30'' \frac{1}{2}$ , qui ne diffère de celle qu'on avoit trouvée par  $\delta$ , que de  $3'' \frac{1}{2}$ , en faisant la correction pour l'Aberration de la lumière.

Avril

Et si l'on n'admettoit pas la théorie de l'Aberration de la lumière, cette amplitude

70 *Mesure du Degré du Méridien*

*Avril.* par la nouvelle Etoile ne différeroit pas d'une seconde de celle qu'on avoit trouvée par l'Etoile  $\delta$ .

La précision avec laquelle ces deux amplitudes s'accordoient, à une différence près si petite, qu'elle ne va pas à celle que les erreurs dans l'observation peuvent causer; différence qu'on verra encore dans la suite, qui étoit plus petite qu'elle ne paroïssoit. Cet accord de nos deux amplitudes étoit la preuve la plus forte de la justesse de notre instrument, & de la sûreté de nos observations.

Ayant ainsi répété deux fois notre opération, on trouve par un milieu entre l'amplitude conclüe par  $\delta$ , & l'amplitude par  $\alpha$ , que l'amplitude de l'arc du Méridien que nous avons mesuré entre Torneâ & Kittis, est de  $57' 28''\frac{3}{4}$ , qui, comparée à la longueur de cet arc de  $55023\frac{1}{2}$  toises, donne le degré qui coupe le Cercle Polaire de 57437 toises, plus grand de 377 toises que celui que M. Picard a déterminé entre Paris & Amiens, qu'il fait de 57060 toises.

Mais il faut remarquer que comme l'Aberration des Etoiles n'étoit pas connue du temps de M. Picard, il n'avoit fait aucune



correction pour cette Aberration. Si l'on fait cette correction, & qu'on y joigne les corrections pour la Précession des Équinoxes & la Réfraction, que M. Picard avoit négligées, l'amplitude de son arc est  $1^{\circ} 23' 6''\frac{1}{2}$ , qui, comparée à la longueur, 78850 toises, donne le degré de 56925 toises, plus court que le nôtre de 512 toises.

Et si l'on n'admettoit pas l'Aberration, l'amplitude de notre arc seroit de  $57' 25''$ , qui, comparée à sa longueur, donneroit le degré de 57497 toises, plus grand de 437 toises que le degré que M. Picard avoit déterminé de 57060 toises sans Aberration.

Enfin, notre degré avec l'Aberration diffère de 950 toises de ce qu'il devoit être, suivant les mesures que M. Cassini a établies dans son Livre de la Grandeur & Figure de la Terre; & en diffère de 1000 en n'admettant pas l'Aberration.

D'où l'on voit que *la Terre est considérablement aplatie vers les Poles.*

Pendant notre séjour dans la Zone glacée, les froids étoient encore si grands, que le 7 Avril à 5 heures du matin, le Thermometre descendoit à 20 degrés au-

*Avril.* dessous de la congélation; quoique tous les jours après midi, il montât à 2 & 3 degrés au-dessus. Il parcouroit alors du matin au soir, un intervalle presque aussi grand qu'il fait communément depuis les plus grandes chaleurs jusqu'aux plus grands froids qu'on ressent à Paris. En 12 heures, on éprouvoit autant de vicissitudes, que les habitants des Zones tempérées en éprouvent dans une année entière.

Nous poussâmes le scrupule jusques sur la direction de notre Heptagone avec la Méridienne. Cette direction, comme on a vû, avoit été déterminée sur Kittis par un grand nombre d'observations du passage du Soleil par les Verticaux de Niemi & de Pullingi; & il n'étoit pas à craindre que notre figure se fût dérangée de sa direction, par le petit nombre de Triangles en quoi elle consiste, & après la justesse avec laquelle la somme des angles de notre Heptagone approchoit de 900 degrés. Cependant nous voulûmes reprendre à Torneå cette direction.

On se servit pour cela d'une autre méthode que celle qui avoit été pratiquée sur Kittis; celle-ci consistoit à observer l'angle



entre le Soleil dans l'horifon, & quelques-uns de nos signaux, avec l'heure à laquelle on prenoit cet angle. Les trois observations qu'on fit, nous donnèrent par un milieu cette direction, à 34" près de ce qu'elle étoit, en la concluant des observations de Kittis. *Mai.*

Chaque partie de notre ouvrage ayant été tant répétée, il ne restoit plus qu'à examiner la construction primitive & la division de notre Secteur. Quoiqu'on ne pût guère la soupçonner, nous entreprîmes d'en faire la vérification, en attendant que la saison nous permît de partir; & cette opération mérite que je la décrive ici, parce qu'elle est singulière, & qu'elle peut servir à faire voir ce qu'on peut attendre d'un instrument tel que le nôtre, & à découvrir ses dérangements, s'il lui en étoit arrivé.

Nous mesurâmes le 4 Mai (toujours sur la glace du fleuve) une distance de 380<sup>toises</sup> 1<sup>ped</sup> 3<sup>pouces</sup> 0<sup>ligne</sup>, qui devoit servir de rayon; & l'on ne trouva, par deux fois qu'on la mesura, aucune différence. On planta deux fermes poteaux avec deux mires dans la ligne tirée perpendiculairement à l'extrémité de cette distance; & ayant

74 *Mesure du Degré du Méridien*

*Mai.* mesuré la distance entre les centres des deux mires, cette distance étoit de 36 toises 3 pieds 6 pouces  $6\frac{2}{3}$  lignes, qui devoit servir de tangente.

On plaça le Secteur horizontalement dans une chambre, sur deux fermes affuts appuyés sur une voute, de manière que son centre se trouvoit précisément à l'extrémité du rayon, de 380 toises 1 pied 3 pouces : & cinq observateurs différens ayant observé l'angle entre les deux mires, la plus grande différence qui se trouvoit entre les cinq observations, n'alloit pas à 2 secondes ; & prenant le milieu, l'angle entre les mires étoit de  $5^{\circ} 29' 52'',7$ . Or, selon la construction de M. Graham, dont il nous avoit averti, l'arc de  $5^{\circ}\frac{1}{2}$  sur son limbe, est trop petit de  $3\frac{3}{4}$  ; retranchant donc de l'angle observé entre les mires,  $3\frac{3}{4}$ , cet angle est de  $5^{\circ} 29' 48'',95$  : & ayant calculé cet angle, on le trouve de  $5^{\circ} 29' 50''$ , c'est-à-dire, qu'il diffère de  $1''\frac{1}{20}$  de l'angle observé.

On s'étonnera peut-être qu'un Secteur, qui étoit de  $5^{\circ} 29' 56''\frac{1}{4}$  dans un climat aussi tempéré que celui de Londres, & divisé dans une chambre, qui vrai-semblablement



n'étoit pas froide, se soit encore trouvé précisément de la même quantité à Torneå, lorsque nous en avons fait la vérification. Les parties de ce Secteur étoient sûrement contractées par le froid, dans ce dernier temps. Mais on cessera d'être surpris, si l'on fait attention que cet instrument est tout formé de la même matière, & que toutes ses parties doivent s'être contractées proportionnellement: on verra qu'il avoit dû se conserver dans une figure semblable; & il s'y étoit conservé.

Ayant trouvé une exactitude si merveilleuse dans l'arc total de notre Secteur, nous voulûmes voir si les deux degrés de son limbe, dont nous nous étions servis, l'un pour  $\Delta$ , l'autre pour  $\alpha$ , étoient parfaitement égaux. M. Camus, dont l'adresse nous avoit déjà été si utile en plusieurs occasions, nous procura les moyens de faire cette comparaison avec toute l'exactitude possible; & ayant comparé nos deux degrés l'un avec l'autre, le milieu des observations faites par cinq observateurs, donnoit le degré du limbe dont on s'étoit servi pour  $\Delta$ , plus grand que celui pour  $\alpha$ , d'une seconde.

Nous fûmes surpris, lorsque nous vîmes

76 *Mesure du Degré du Méridien*

*Mai.* que cette inégalité entre ces deux degrés, diminueoit encore la différence très-petite que nous avons trouvée entre nos deux amplitudes; & la réduisoit de  $3'' \frac{1}{2}$  qu'elle étoit, à  $2'' \frac{1}{2}$ . Et l'on verra dans le détail des opérations, qu'on peut assés compter sur cette différence entre les deux degrés du limbe, toute petite qu'elle est, par les moyens qu'on a pratiqués pour la découvrir.

Nous vérifiâmes ainsi, non-seulement l'amplitude totale de notre Secteur; mais encore différents arcs, que nous comparâmes entr'eux: & cette vérification d'arc en arc, jointe à la vérification de l'arc total, que nous avons faite, nous fit connoître que nous ne pouvions rien désirer dans la construction de cet instrument; & qu'on n'auroit pas pu y espérer une si grande précision.

Nous ne sçavions plus qu'imaginer à faire sur la mesure du degré du Méridien; car je ne parlerai point ici de tout ce que nous avons fait sur la Pesanteur; matière aussi importante que celle-ci, & que nous avons traitée avec les mêmes soins. Il suffira maintenant de dire, que si, à l'exemple de M.<sup>rs</sup> Newton & Huygens, & quelques autres, parmi lesquels je n'ose presque me



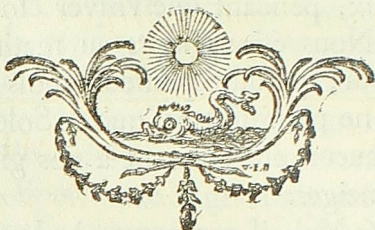
nommer, on veut déterminer la Figure de la Terre par la Pesanteur; toutes les expériences que nous avons faites dans la Zone glacée, donneront la Terre aplatie, comme la donnent celles que nous apprenons que M.<sup>rs</sup> Godin, Bouguer & la Condamine ont déjà faites dans la Zone torride.

Le Soleil cependant s'étoit rapproché de nous, ou plutôt ne quittoit presque plus notre horison: c'étoit un spectacle singulier que de le voir si long-temps éclairer un horison tout de glace, de voir l'été dans les cieus, pendant que l'hiver étoit sur la terre. Nous étions alors au matin de ce long jour, qui dure plusieurs mois; cependant il ne paroïssoit pas que ce Soleil assidu causât aucun changement à nos glaces, ni à nos neiges.

Le 6 Mai, il commença à pleuvoir, & l'on vit quelque eau sur la glace du fleuve. Tous les jours à midi, il fondoit de la neige, & tous les soirs l'hiver reprenoit ses droits. Enfin le 10 Mai, on apperçût la terre, qu'il y avoit si long-temps qu'on n'avoit vûë: quelques pointes élevées, & exposées au Soleil, commencèrent à paroître, comme on vit après le déluge, le sommet des

78 *Mesure du Degré du Méridien*

*Juin.* montagnes ; & bien-tôt après tous les Oiseaux du pays reparurent. Vers le commencement de Juin, les glaces rendirent la terre & la mer. Nous pensâmes aussi-tôt à retourner à Stockholm : nous partîmes le 9 Juin, les uns par terre, les autres par mer. Mais le reste de nos aventures, ni notre naufrage dans le golfe de Bottnie, ne sont point de notre sujet.





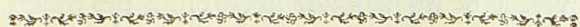


# OBSERVATIONS

FAITES AU

CERCLE POLAIRE.

LIVRE PREMIER.



PREMIÈRE PARTIE.

*Opérations pour la Mesure du Degré  
du Méridien.*

---

CHAPITRE PREMIER.

*Observations pour former les Triangles,  
& déterminer leur position par rapport  
à la Méridienne.*

I.

*Angles observés.*

**T**OUS les angles suivants ont été observés avec un Quart-de-cercle de deux pieds de rayon, armé d'un Micrometre; & cet instrument vérifié plusieurs fois autour

80 *Mesure du Degré du Méridien*

de l'horison, donnoit toujors la somme des angles fort près de 360°.

Les dixièmes de secondes, qu'on trouvera ici, viennent de ce que dans la réduction des parties du Micrometre en secondes, on a voulu faire le calcul à la rigueur, & non pas d'une exactitude imaginaire, à laquelle on croiroit être parvenu.

Voici ces angles tels qu'ils ont été observés, avec les hauteurs apparentes des objets observés, où le signe + marque des élévations, & le signe — des abbaissemens au-dessous de l'horison.

<i>Angles observés.</i>	<i>Angles réduits à l'Horison.</i>	<i>Hauteurs.</i>
<i>Dans la Flèche de l'Eglise de Torneà.</i>		
Fig. 1. <i>CTK</i> ... 24° 23' 0,"2	24° 22' 58,"8	<i>C</i> .... 0' 0"
Et par la réduction, pour ce que le centre de l'instrument étoit à 5 pieds du centre de la flèche, dans la direction de Cuitaperi,		
<i>CTK</i> . . . . .	24 22 54,5	
<i>KTn</i> ... 19 38 20,9	19 38 20,1	<i>n</i> ... + 3 0
Et par la réduction pour le lieu du centre, l'instrument placé dans le même endroit.		
<i>KTn</i> . . . . .	19 38 17,8	<i>K</i> .. + 8 40 l'Horison de la Mer — 11 0

*Angles*



Angles observés.	Angles réduits à l'Horison.	Hauteurs.
------------------	--------------------------------	-----------

Sur Niwa.

$TnK...$	87° 44' 24,8	87° 44' 19,4	$T... - 17' 40''$	Fig. 1.
$HnK...$	73 58 6,5	73 58 5,7	$K... + 16 50$	
$AnK...$	95 29 52,8	95 29 54,4	$A... + 4 40$	
$AnH = AnK - HnK$		21 31 48,7	$H... - 0 30$	
$AnH = 21 32 16,9$		21 32 16,3		
$AnH$ est donc . . . .		21 32 2,5		
$CnH...$	31 57 5,2	31 57 3,6	$C... + 10 0$	

Sur Kakama.

$TKn...$	72 37 20,8	72 37 27,8	$n... - 22 50$
$CKn...$	45 50 46,2	45 50 44,2	$C... - 4 45$
$HKn...$	89 36 0,4	89 36 2,4	$H... - 5 10$
$HKC = nKH - CKn$		43 45 18,2	
$HKC...$	43 45 46,8	43 45 47,0	
$HKC...$	43 45 41,5	43 45 41,7	
$HKC$ est donc . . . .		43 45 35,6	
$CKT = CKn + nKT$	118 28 12,0		$T... - 24 10$
$HKN...$	9 41 48,1	9 41 47,7	$N... - 8 10$

Sur Cuitaperi.

$KCn...$	28 14 56,9	28 14 54,7	$K... - 6 10$
$TCK...$	37 9 15,0	37 9 12,0	$n... - 19 0$
$HCK...$	100 9 56,4	100 9 56,8	$T... - 24 10$
$ACH...$	30 56 54,4	30 56 53,4	$H... - 2 40$
			$A... + 5 0$

82 *Mesure du Degré du Méridien*

<i>Angles observés.</i>	<i>Angles réduits à l'Horison.</i>	<i>Hauteurs.</i>
<i>Sur Avafaxa.</i>		
<i>HAP...</i> 53° 45' 58,"1	53° 45' 56,"7	<i>P...</i> + 4' 50"
<i>HAx...</i> 24 19 34,8	24 19 35,0	<i>H...</i> — 8 0
<i>x An...</i> 77 47 46,7	77 47 49,5	<i>x...</i> — 10 40
<i>x AC...</i> 88 2 11,0	88 2 13,6	<i>C...</i> — 14 15
<i>HAn = HAx + x An</i>	102 7 24,5	<i>n...</i> — 20 20
<i>HAC = CAx + x AH</i>	112 21 48,6	
<i>CAx...</i> 10 13 54,2	10 13 52,8	

<i>Sur Pullingi.</i>		
<i>APH...</i> 31 19 53,7	31 19 55,5	<i>H...</i> — 22 0
<i>QPN...</i> 87 52 9,7	87 52 24,3	<i>A...</i> — 18 10
<i>NPH...</i> 37 21 58,9	37 22 2,1	<i>Q...</i> — 32 40
		<i>N...</i> — 26 50

<i>Sur Kittis.</i>		
<i>NQP...</i> 40 14 57,3	40 14 52,7	<i>P...</i> + 22 30
		<i>N...</i> + 1 0

<i>Sur Niemi.</i>		
<i>PNQ...</i> 51 53 13,7	51 53 4,3	<i>P...</i> + 18 30
<i>PNH...</i> 93 25 8,1	93 25 7,5	<i>Q...</i> — 14 0
<i>HNK...</i> 27 11 55,3	27 11 53,3	<i>H...</i> — 2 40
		<i>K...</i> — 14 0

<i>Sur Horrilaero.</i>		
<i>CHn...</i> 19 38 21,8	19 38 21,0	<i>n...</i> — 18 15
<i>CHA...</i> 36 42 4,3	36 42 3,1	<i>A...</i> 0 0
<i>AHP...</i> 94 53 49,7	94 53 49,7	<i>P...</i> + 11 50
<i>PHN...</i> 49 13 11,9	49 13 9,3	<i>N...</i> — 5 0
<i>KHn...</i> 16 26 6,7	16 26 6,3	<i>K...</i> — 12 30
<i>CHK...</i> 36 4 54,1	36 4 54,7	<i>C...</i> — 10 40



Angles pour lier la base Bb avec les sommets  
d'Avasaxa & de Cuitaperi.

Angles observés.	Angles réduits au même plan.	Hauteurs des objets vus du point B.
ABb.. 9° 21' 58,"0	Réduisant ABy,	
AbB.. 77 31 48,1	yBC, & ABz, zBC	
BAb.. 93 6 7,2	au même plan ABC,	A. + 0° 40' 30"
	& prenant un milieu	
	entre les deux valeurs	
ABy.. 61 30 5,4	de ABC, qu'on a	y.. + 1 23 30
yBC.. 41 12 3,4	par-là.	C. + 1 4 5
ABz.. 46 7 57,5	ABC.. 102° 42' 13,"5	z.. + 1 11 0
zBC.. 56 34 22,2		
ACB.. 54 40 28,8		
BAC.. 22 37 20,6		

Les lettres x, y, z, désignent des objets intermédiaires qui ont servi à prendre en deux fois l'angle ABC, qui étoit plus grand que l'amplitude du Quart-de-cercle.

II.

Observations faites sur Kittis, pour déterminer  
la ligne Méridienne.

L'instrument avec lequel on a fait ces observations, consistoit en une Lunette de 15 pouces, mobile autour d'un axe horizontal, auquel elle est perpendiculaire. Cet instrument étoit placé au centre du signal

### 84 *Mesure du Degré du Méridien*

qu'on avoit bâti sur Kittis, où la hauteur du Pole est de  $66^{\circ} 48' 20''$ , & qu'on a supposé dans ce calcul, plus oriental que Paris de  $1^{\text{h}} 23'$ .

Il y avoit au même lieu, une Pendule qu'on regloit tous les jours par des hauteurs correspondantes du Soleil, & c'est l'heure du passage du centre du Soleil déterminé par les passages des deux bords, que nous donnons ici en temps vrai.

#### *Passages du centre du Soleil par le Vertical du signal de Pullingi.*

	<sup>1736.</sup>	Soir.	
Le 30	Sept.	à $1^{\text{h}} 49' 49''$	Déclin. mérid. du ☉ .. $3^{\circ} 0' 40''$
Le 1	Oct.	à $1 50 7\frac{1}{4}$	Déclin. mérid. du ☉ .. $3 24 1$
Le 2	Oct.	à $1 50 26$	Déclin. mérid. du ☉ .. $3 47 19$
Le 7	Oct.	à $1 51 54\frac{3}{4}$	Déclin. mérid. du ☉ .. $5 42 56$
Le 8	Oct.	à $1 52 14\frac{1}{2}$	Déclin. mérid. du ☉ .. $6 6 10$

#### *Passages du centre du Soleil par le Vertical du signal de Niemi.*

	<sup>1736.</sup>	Matin.	
Le 4	Oct.	à $11^{\text{h}} 16' 37''$	Déclin. mérid. du ☉ .. $4^{\circ} 31' 22''$
Le 7	Oct.	à $11 16 15\frac{3}{4}$	Déclin. mérid. du ☉ .. $5 40 26$
Le 8	Oct.	à $11 16 12$	Déclin. mérid. du ☉ .. $6 3 39$



## CHAPITRE II.

*Angles formés par la Méridienne & par les lignes tirées de Kittis à Pullingi & à Niemi.*

LA méthode dont on s'est servi pour trouver par ces observations, les angles que forment avec la Méridienne, les lignes tirées de Kittis à Pullingi & à Niemi, consiste à résoudre les Triangles sphériques  $PZS$ ,  $PZs$ , où l'on connoît le côté  $PZ$  de  $23^{\circ} 11' 40''$  distance du Zénith de Kittis au Pole;  $PS$  ou  $Ps$  le complément de la déclinaison du Soleil pour le temps de l'observation; & l'angle  $ZPS$  ou  $ZPs$  donné par le temps du passage du Soleil par le vertical  $Zp$  ou  $ZN$  de Pullingi ou de Niemi; d'où l'on trouve les angles  $HZp$  &  $HZN$ , ou  $HQp$  &  $HQN$ , que forment avec la Méridienne, les lignes tirées de Kittis à Pullingi & à Niemi.

Fig. 3.

## 86 Mesure du Degré du Méridien

Voici comme on a trouvé ces angles par chaque observation.

<i>Déclin. occid. de Pullingi.</i>		<i>Déclin. orient. de Niemi.</i>
30 Septembre.	28° 51' 54"	
1 Octobre....	28 51 56	
2 Octobre....	28 52 5	
4 Octobre. . . . .	.....	11° 23' 30"
7 Octobre ...	28 51 43	11 23 23
8 Octobre....	28 52 6	11 22 31

Fig. 3. Et comme on a l'angle  $NQP$  (p. 82.) de  $40^{\circ} 14' 52",7$ , les déclinaisons précédentes de Niemi se peuvent changer dans les déclinaisons suivantes de Pullingi.

28° 51' 23"
28 51 30
28 52 22

Fig. 2. Prenant un milieu entre toutes ces déclinaisons, on a pour la déclinaison de Pullingi, ou l'angle  $PQM$ ,  $28^{\circ} 51' 52"$ .

## CHAPITRE III.

*Mesure de la base, & calcul des Triangles des deux suites principales.*

### I.

*Mesure de la Base.*

Fig. 1.  $Bb$  est la base; elle a été mesurée deux fois par deux troupes différentes, dont



chacune avoit quatre perches, longues chacune de 30 pieds.

	Toif.	Pieds.	Pouces
La 1. <sup>re</sup> mesure étoit de	7406	5	0
La 2. <sup>de</sup> de . . . . .	7406	5	4
Donc par un milieu, la			
base étoit de . . . . .	7406	5	2

I I.

Calcul des deux Triangles par lesquels commencent toutes les suites.

*A B b.*

<i>Angles observés.</i>	<i>Angles corrigés pour le calcul.</i>
<i>A B b</i> ... 9° 21' 58,0	. . . . . 9° 22' 0"
<i>A b B</i> ... 77 31 48,1	. . . . . 77 31 50
<i>B A b</i> ... 93 6 7,2	. . . . . 93 6 10
179 59 53,3	. . . . . 180 0 0

Fig. 1.

*A B C.*

<i>A B C</i> ... 102 42 13,5	. . . . . 102 42 12
<i>B A C</i> ... 22 37 20,6	. . . . . 22 37 20
<i>A C B</i> ... 54 40 28,8	. . . . . 54 40 28
180 0 2,9	180 0 0

En calculant ces deux Triangles d'après la base *B b* de 7406 toises 5 pieds 2 pouces, on trouve la distance *AC*, entre Avafaxa & Cuitaperi de 8659,94 toises.

Et comme ces deux Triangles sont d'une grande justesse, & que leur disposition est très-favorable pour conclurre exactement cette distance, on peut regarder *AC* comme la base.

## I I I.

*Calcul des Triangles de la première suite.**A C H.*

Fig. 2.

	<i>Angles observés, réduits à l'horizon.</i>			<i>Angles corrigés pour le calcul.</i>		
<i>CAH...</i>	112°	21'	32,9"	112°	21'	17"
<i>ACH...</i>	30	56	53,4	30	56	47
<i>AHC...</i>	36	42	3,1	36	41	56
	180	0	29,4	180	0	0

*CHK.*

<i>CHK...</i>	36	4	54,7	36	4	46
<i>CKH...</i>	43	45	35,6	43	45	26
<i>KCH...</i>	100	9	56,8	100	9	48
	180	0	27,1	180	0	0

*CKT.*

<i>KCT...</i>	37	9	12,0	37	9	7
<i>CKT...</i>	118	28	12,0	118	28	3
<i>CTK...</i>	24	22	54,3	24	22	50
	180	0	18,3	180	0	0

*AHP.*

<i>AHP...</i>	94	53	49,7	94	53	56
<i>HAP...</i>	53	45	56,7	53	46	3
<i>APH...</i>	31	19	55,5	31	20	1
	179	59	41,9	180	0	0

*HNP.*

<i>HNP...</i>	93	25	7,5	93	25	1
<i>NHP...</i>	49	13	9,3	49	13	3
<i>HPN...</i>	37	22	2,1	37	21	56
	180	0	18,9	180	0	0

*NPQ.*

<i>NPQ...</i>	87	52	24,3	87	52	17
<i>NQP...</i>	40	14	52,7	40	14	46
<i>PNQ...</i>	51	53	4,3	51	52	57
	180	0	21,3	180	0	0



Prenant  $AC = 8659,94$  toises, tel qu'on l'a trouvé (page 87.) par les deux Triangles  $ABb$ ,  $ABC$ ; on trouve par la résolution des Triangles précédents,

$$\begin{aligned} AP &= 14277,43 \\ PQ &= 10676,9 \\ CT &= 24302,64 \end{aligned}$$

Ces lignes forment avec la Méridienne, les angles suivans,

$$\begin{aligned} PQD &= 61^{\circ} 8' 8'' \\ APE &= 84 33 54 \\ ACF &= 81 33 26 \\ CTG &= 69 49 8 \end{aligned}$$

Et la résolution des Triangles rectangles  $DQP$ ,  $APE$ ,  $ACF$ ,  $CTG$ , donne pour les parties de la Méridienne,

$$\begin{aligned} PD &= 9350,45 \\ AE &= 14213,24 \\ AF &= 8566,08 \\ CG &= 22810,62 \\ \hline QM &= 54940,39 \end{aligned}$$

pour l'arc du Méridien qui passe par Kittis, & qui est terminée par la perpendiculaire tirée de Torneå.

90 *Mesure du Degré du Méridien*

I V.

*Calcul des Triangles de la seconde suite.*

*ACH.*

Fig. 2.

<i>Angles observés, réduits à l'horison.</i>			<i>Angles corrigés pour le calcul.</i>				
<i>ACH...</i>	30°	56'	53,"4	.....	30°	56'	47"
<i>CAH...</i>	112	21	32,9	.....	112	21	17
<i>AHC...</i>	36	42	3,1	.....	36	41	56
	180	0	29,4		180	0	0

*CHK.*

<i>CHK...</i>	36	4	54,7	.....	36	4	46
<i>CKH...</i>	43	45	35,6	.....	43	45	26
<i>KCH...</i>	100	9	56,8	.....	100	9	48
	180	0	27,1		180	0	0

*CKT.*

<i>CKT...</i>	118	28	12,0	.....	118	28	3
<i>CTK...</i>	24	22	54,3	.....	24	22	50
<i>KCT...</i>	37	9	12,0	.....	37	9	7
	180	0	18,3		180	0	0

*HKN.*

<i>HKN...</i>	9	41	47,7	.....	9	41	50
<i>HNK...</i>	27	11	53,3	.....	27	11	56
<i>KHN...</i>	143	6	3,2	.....	143	6	14
	179	59	44,2		180	0	0

*HNP.*

<i>HNP...</i>	93	25	7,5	.....	93	25	1
<i>HPN...</i>	37	22	2,1	.....	37	21	56
<i>NHP...</i>	49	13	9,3	.....	49	13	3
	180	0	18,9		180	0	0

*NPQ.*

<i>NPQ...</i>	87	52	24,3	.....	87	52	17
<i>NQP...</i>	40	14	52,7	.....	40	14	46
<i>PNQ...</i>	51	53	4,3	.....	51	52	57
	180	0	21,3		180	0	0



Se servant toujours de

$$AC = 8659,94^{\text{toises.}}$$

on a par la résolution des Triangles précédents,

$$QN = 13564,64^{\text{toises.}}$$

$$NK = 25053,25$$

$$KT = 16695,84$$

Ces lignes forment avec la Méridienne, les angles suivants,

$$NQd = 78^{\circ} 37' 6''$$

$$KNL = 86 \quad 7 \quad 12$$

$$KTg = 85 \quad 48 \quad 7$$

La résolution des Triangles  $QNd$ ,  $KNL$ ,  $KTg$ , donne pour les parties de la Méridienne,

$$Nd = 13297,88^{\text{toises.}}$$

$$KL = 24995,83$$

$$Kg = 16651,05$$

---


$$QM = 54944,76$$

L'autre suite donnoit : . . .  $QM = 54940,39$

Donc par un milieu . . . .  $QM = 54942,57$

## CHAPITRE IV.

*Détermination de la véritable longueur  
de l'arc du Méridien, dont on a  
déterminé l'amplitude.*

## I.

Fig. 2. **L**ES lieux de nos observatoires qui répondoient au centre du Secteur avec lequel on a observé les Étoiles pour déterminer l'amplitude de l'arc mesuré, étoient, celui de Torneâ plus méridional que le point *T*, flèche de l'Église, sommet du premier Triangle, de 73 toises 4 pieds 5  $\frac{1}{2}$  pouces, qui furent mesurées sur la glace du fleuve par des perpendiculaires abaissées; & celui de Kittis plus septentrional que le point *Q*, centre de notre signal, de 3 toises 4 pieds 8 pouces.

Ajoûtant donc ces deux distances à la distance *QM*, on aura  $qm = 55020,09$  toif.

## I I.

Cette ligne *qm* n'est pas exactement l'arc du Méridien qui doit être comparé à la différence en latitude.

Car la perpendiculaire *tm* n'est point l'arc



du parallèle passant par  $t$ ; supposant l'arc  $t\mu$  ce parallèle, pour trouver le point  $\mu$ , il faut lui tirer la tangente  $t\nu$ , & diviser la distance  $m\nu$  en deux également.

Pour avoir la valeur de  $m\nu$ , il faut premièrement calculer  $mt$  qui ne diffère pas ici sensiblement de  $MT$ , & qu'on trouvera de 3149,5 toises par la résolution des Triangles précédents: par cette ligne, & par la latitude de Torneå, en supposant la Terre sphérique & le degré de 57000 toises (supposition qui ne peut apporter ici aucune erreur sensible), on trouvera facilement l'angle que forment entr'elles les tangentes des deux Méridiens qui passent par  $Q$  & par  $T$ , qui est le même que l'angle  $mt\nu$ . Cet angle est de  $7' 24''$ ; d'où  $m\nu$  doit être de 6,76 toises, dont la moitié 3,38 est la valeur de  $m\mu$ , qu'il faut ajouter à la distance  $qm$  pour avoir l'arc du Méridien dont on a observé l'amplitude; cet arc  $q\mu = 55023,47$  toises.

## C H A P I T R E V.

*Observations pour déterminer l'amplitude de l'arc du Méridien, terminé par les Paralleles qui passent par Kittis & Torneå.*

## I.

Nous ne ferons point ici, de l'instrument dont nous nous sommes servis, une description complète, qui seroit d'un trop long détail, & que nous réservons pour un autre ouvrage. Nous tâcherons seulement d'expliquer ce que cet instrument a de particulier, & de le faire connoître autant qu'il est nécessaire pour qu'on entende mieux, & les observations que nous en donnons, & les vérifications que nous en avons faites.

Une grosse lunette de cuivre d'environ 9 pieds, forme le rayon d'un limbe qui n'est que de  $5^{\circ}\frac{1}{2}$ , & qui a deux divisions, chacune de  $7'\frac{1}{2}$  en  $7'\frac{1}{2}$ , l'une d'un rayon plus court, & faite par des points plus gros; l'autre d'un rayon plus long, & marquée par des points plus petits. Au foyer de la lunette, sont deux fils d'argent en croix, que M.



Graham lui-même a pris soin d'attacher de la manière la plus solide, & qui se tiennent toujours également tendus par le moyen de deux ressorts, afin qu'ils ne soient sujets à aucun dérangement. Cette lunette, le centre d'où pend le fil à plomb, & son limbe, ne font qu'une seule pièce, qui est proprement tout l'instrument, qui, comme l'on voit, n'est pas sujet à se déranger, comme le sont ceux dont le centre est amovible. Il pend librement par deux tourillons cylindriques qui sont à l'extrémité supérieure de la lunette, & qui portant sur deux coussinets fixes, lui permettent d'osciller comme un pendule. Un des tourillons se termine par un cylindre très-délié, qu'on a encore diminué à l'endroit qui se trouve dans le plan de l'arc du limbe, dont il est le centre. C'est à cet endroit de l'axe du tourillon qu'est suspendu le fil à plomb ; & c'est autour de cet axe que se meut la lunette, pendant que son limbe, par le moyen de deux roues, coule toujours appliqué contre un autre limbe immobile attaché à un gros arbre, qui passe par le milieu d'une grande pyramide de bois qui sert de support à l'instrument. C'est à ce limbe immobile qu'on attache le Micro-

96 *Mesure du Degré du Méridien*

metre, à l'endroit qui convient pour l'observation; & voici l'usage de ce Micrometre.

Le limbe immobile, & celui du Secteur étant placés dans la direction du Méridien, la lunette pendant sur ses tourillons se tiendrait dans une situation verticale; mais un poids léger attaché à une ficelle qui passe sur une poulie la tire vers le Midi, pendant que le Micrometre la repousse vers le Nord, par le moyen d'une pointe d'acier qui s'appuie sur un endroit de la lunette où est un petit miroir d'acier. Cette pointe conduite par une vis très-fine, s'avancant contre le miroir, ou se retirant, fait décrire à la lunette autour de ses tourillons, de petits arcs; & deux cadrans, pendant ce temps-là, marquent le nombre de révolutions & de parties de révolution dont la pointe du Micrometre s'est avancée ou retirée; c'est-à-dire, l'amplitude de l'arc qu'a décrit la lunette pendant ce mouvement; pourvû qu'on connoisse le rapport de chaque révolution de la vis aux minutes & aux secondes.

Comme ce rapport changeroit, si la pointe de la vis portoit plus haut ou plus bas contre le petit miroir; ce miroir hors du temps de l'observation est recouvert d'une  
lame



lame de cuivre sur laquelle est tracée une ligne, à la hauteur de laquelle se doit trouver la pointe du Micrometre, afin que ses révolutions conservent toujours le même rapport aux minutes. On peut hausser ou baisser la pointe, jusqu'à ce qu'elle se trouve à la hauteur de cette ligne: & c'est pour cette situation du Micrometre qu'on a déterminé le rapport des révolutions aux minutes.

On commençoit l'observation par placer le point du limbe le plus proche pour la situation où la lunette devoit être, sous le fil qui pend du centre, & dont le poids trempoit dans un vaisseau rempli d'eau-de-vie. Cette opération se fait avec tant de justesse par le moyen du Micrometre, & d'un Microscope, dont le foyer est éclairé perpendiculairement au limbe, que plaçant, & déplaçant plusieurs fois le point, rarement trouve-t-on une partie de différence sur le cadran du Micrometre, c'est-à-dire, rarement une seconde: & quand le fil, au lieu d'être pendu librement, étoit arrêté sur des chevalets, comme dans nos vérifications, rarement trouvoit-on plus de  $\frac{1}{4}$  seconde de différence entre une fois & une autre qu'on plaçoit le point sous le fil.

Cette précision pourra paroître difficile à croire à ceux qui n'ont pas vû d'instrument comme le nôtre ; mais ils verront ce qu'ils en doivent penser, lorsqu'ils examineront les observations qui ont été faites avec cet instrument par plusieurs observateurs différens.

On écrivoit ce que marquoit le Micrometre, lorsque le point du limbe étoit bien coupé par le fil à plomb avant le passage de l'Etoile. Lorsque l'Etoile passoit au Méridien, l'observateur sans pouvoir voir les cadrans du Micrometre en tournoit la vis, jusqu'à ce que l'Etoile lui parût bien coupée dans la lunette par le fil perpendiculaire au limbe. On comptoit alors les révolutions & parties de révolution que l'Observateur faisoit faire à la vis, qu'il falloit ajoûter ou soustraire à l'arc terminé par le point que coupoit le fil à plomb avant l'observation, pour avoir le lieu du limbe sur lequel tomboit le fil au passage de l'Etoile. Enfin, après le passage, on vérifioit l'observation, en remettant sous le fil, le point sur lequel le fil avoit été avant l'observation. Si le Micrometre marquoit encore le même nombre de révolutions & de parties de révolution, qu'il avoit marqué avant le



passage de l'Etoile, ou que la différence ne fût que d'une, ou même de deux parties, on pouvoit compter sur l'observation; & l'on prenoit le milieu entre le nombre que marquoit le Micrometre avant l'observation, & celui qu'il marquoit après, pour le vrai nombre qu'il marquoit lorsque le point du limbe étoit bien placé sous le fil. S'il y avoit eû une différence plus grande que de deux parties, entre ce que marquoit le Micrometre avant l'observation de l'Etoile, & ce qu'il marquoit après, ç'auroit été une preuve qu'il seroit arrivé quelque mouvement à l'instrument, & qu'il n'auroit pas fallu compter sur cette observation.

Les deux Etoiles que nous avons observées avec cet instrument, passoient si près du Zénith, que l'une n'étoit pas éloignée de  $\frac{1}{2}$  degré du Zénith sur Kittis, & l'autre ne l'étoit pas de  $\frac{1}{4}$  de degré du Zénith à Torneå. Quoique la situation de ces Etoiles rendît peu à craindre pour nous les erreurs qui, dans d'autres cas, peuvent être dangereuses si l'on se néglige sur la position du Secteur: & quoique nous scûssions que plusieurs minutes d'erreur dans l'angle de cette position, ne pouvoient avoir sur nos

# 100 *Mesure du Degré du Méridien*

observations d'effet sensible, nous plaçâmes cependant fort exactement notre Secteur dans le plan du Méridien qu'on avoit tracé; & nous vérifiâmes sa position par l'heure du passage des Étoiles, dont on avoit pris des hauteurs.

## I I.

*Observations de l'Étoile δ du Dragon, faites sur Kittis, avec le Secteur, pour déterminer l'amplitude de l'arc du Méridien.*

Le 4 Octobre 1736.

<p>AVANT l'observation du passage de l'Étoile par le Méridien, le fil à plomb ayant été mis sur le point du limbe marqué <math>2^{\circ} 37' 30''</math> de la division supérieure dont nous nous sommes toujours servis, le Micrometre marquoit</p>		24	Révol. 10,7	parties, dont 44 font une révolution.
<p>PENDANT l'observation, c'est-à-dire, au passage de l'Étoile par le Méridien, le Micrometre marquoit . . . . .</p>		22	30,9	
<p>APRÈS l'observation de l'Étoile, le même point <math>2^{\circ} 37' 30''</math> étant remis sous le fil, le Micrometre marquoit . . . . .</p>		24	12,5	
<p>Prenant le milieu entre ce que marquoit le Micrometre avant &amp; après le passage de l'Étoile, on a . . . . .</p>		24	11,6	
<p>D'où ôtant . . . . .</p>		22	30,9	
<p>On a en parties de Micrometre l'arc compris entre le point du limbe marqué <math>2^{\circ} 37' 30''</math>, &amp; celui sur lequel se trouvoit le fil à plomb au passage de l'Étoile . . . . .</p>		1	24,7	



5 Octobre.	{	AVANT l'observation . . . 24	Révol. 13,3 parts
		PENDANT l'observation. 22	31,4
		APRÈS . . . . . 24	15,3
			<hr/>
			24 14,3
		22 31,4	
		<hr/>	
	Différence . . . . . 1	26,9	

---

6 Octobre.	{	AVANT . . . . . 24	9,8
		PENDANT . . . . . 22	28,2
		APRÈS . . . . . 24	9,8
			<hr/>
			24 9,8
		22 28,2	
		<hr/>	
	Différence . . . . . 1	25,6	

---

8 Octobre.	{	AVANT . . . . . 18	1,0
		PENDANT . . . . . 16	16,7
		APRÈS . . . . . 17	43,0
			<hr/>
			18 0
		16 16,7	
		<hr/>	
	Différence . . . . . 1	27,3	

---

10 Octobre.	{	AVANT . . . . . 17	33,0
		PENDANT . . . . . 16	8,3
		APRÈS . . . . . 17	33,1
			<hr/>
			17 33,0
		16 8,3	
		<hr/>	
	Différence . . . . . 1	24,7	

---

Ces observations furent faites à la lumière du jour, sans éclairer les fils du foyer de la lunette,

# 102 Mesure du Degré du Méridien

## I I I.

### Observations de la même Etoile faites à Torneâ.

1736.

Le fil à plomb sur le point du limbe marqué  $1^{\circ} 37' 30''$   
de la division supérieure;

Le Micrometre marquoit,

1 <sup>er</sup> Novembre	{	AVANT . . . . .	17 <sup>Révol.</sup>	39,5 parts
		PENDANT . . . . .	19	36,3
		APRÈS . . . . .	17	40,5
			17	40,0
			19	36,3
		Différence . . . . .	1	40,3
2 <sup>e</sup> Novembre	{	AVANT . . . . .	18	13,1
		PENDANT . . . . .	20	8,8
		APRÈS . . . . .	18	12,0
			18	12,5
			20	8,8
		Différence . . . . .	1	40,3
3 <sup>e</sup> Novembre	{	AVANT . . . . .	18	37,0
		PENDANT . . . . .	20	33,3
		APRÈS . . . . .	18	35,0
			18	36,0
			20	33,3
		Différence . . . . .	1	41,3
4 <sup>e</sup> Novembre	{	AVANT . . . . .	18	32,2
		PENDANT . . . . .	20	28,4
		APRÈS . . . . .	18	31,0
			18	31,6
			20	28,4
		Différence . . . . .	1	40,8



5 Novembre	{	AVANT . . . . .	12 Révol.	24,4 <sup>part.</sup>
		PENDANT . . . . .	14	20,5
		APRÈS . . . . .	12	24,0
			12	24,2
			14	20,5
Différence . . . . .			1	40,3

---

Ces observations furent faites à la lumière du jour, fans éclairer les fils du foyer de la lunette.

---

## CHAPITRE VI.

### Calcul de l'Arc du Méridien observé.

Les observations sur Kittis donnent . . .	1 Révol.	24,7 <sup>part.</sup>
	1	26,9
	2	25,6
	1	27,3
	1	24,7
Dont le milieu est . . . . .	1	25,8
<hr/>		
Les observations de Tornea donnent . . .	1	40,3
	1	40,3
	1	41,3
	1	40,8
	1	40,3
Dont le milieu est . . . . .	1	40,6

---

## 104 Mesure du Degré du Méridien

On a donc pour l'arc du limbe, sur lequel tomboit le fil pendant le passage de l'Etoile  
 sur Kittis . . . . .  $2^{\circ} 37' 30''$  — Révol. Part. 1 25, 8

Et pour l'arc du limbe sur lequel tomboit le fil pendant le passage de la même Etoile à Torneâ . . . . . 1 37 30 + 1 40,6

La différence de ces deux arcs, donne la différence de la distance de cette Etoile au Zénith de Kittis & de Torneâ . . . . . 1 0 0 — 3 22,4

Pour réduire les révolutions & les parties du Micrometre en minutes & secondes, il faut sçavoir (page 120.) que  $15' = 20^R$ .

$23,5^P$ , & l'on a . . . . .  $3^R.22,4^P = 2' 33,8''$   
 qui étant retranchées de . . . . .  $1^{\circ} 0' 0''$   
 donnent l'arc observé de . . . . .  $0^{\circ} 57' 26,2''$

De plus, par la construction du Secteur, la corde de  $5^{\circ}\frac{1}{2}$  qui est de 10,625 pouces Anglois, est trop petite de 0,002, ou de  $3''\frac{1}{4}$  pour le rayon du Secteur, qui est de 110,75. Ces  $3''\frac{1}{4}$  sur  $5^{\circ}\frac{1}{2}$  donnent pour  $57^{\circ}\frac{1}{2}$  . . . . .  $0,65$   
 qu'il faut ôter; & l'on a pour l'arc observé . . . . .  $57' 25,55$



SECONDE PARTIE.

Vérifications de tout l'ouvrage.

CHAPITRE PREMIER.

Vérification des angles horizontaux par leur somme dans le contour de l'Heptagone.

CTK.....	24°	22'	54",5
KCT.....	37	9	12,0
KCH.....	100	9	56,8
HCA.....	30	56	53,4
CAH.....	112	21	48,6
HAP.....	53	45	56,7
APH.....	31	19	55,5
HPN.....	37	22	2,1
NPQ.....	87	52	24,3
PQN.....	40	14	52,7
QNP.....	51	53	4,3
PNH.....	93	25	7,5
HNK.....	27	11	53,3
NKH.....	9	41	47,7
HKC.....	43	45	35,6
CKT.....	118	28	12,0

Fig. 1.

Somme . . . . . 900 1 37, qui diffère de 1<sup>e</sup> 37" de ce qu'elle devrait être si la surface étoit plate, & s'il n'y avoit aucune erreur dans les observations; mais qui doit être réellement un peu plus grande que 900° à cause de la courbure de la Terre.

## C H A P I T R E I I.

*Vérification de la position de l'Heptagone  
faite à Torneå.*

Fig. 4. **L**E centre du Quart-de-cercle de deux pieds de rayon étant placé dans la ligne qui passoit par la flèche de l'Eglise de Torneå, & le signal de Niwa, on observa l'angle que formoit avec le signal de Niwa, le Soleil dans l'horizon, en marquant le temps par le moyen d'une Pendule qu'on avoit portée sur le lieu le plus élevé de l'Isle Swentzar, & dont on rapporta l'heure plusieurs fois par des signaux à celle d'une Pendule réglée dans la maison où je demeurois.

1737 le 24 Mai au soir.  
Temps vrai.  
à  $9^{\text{h}} 55' 16'' \dots nCS \dots 13^{\circ} 36' 26''$  Angle entre le signal de Niwa & le centre du Soleil, conclu par le passage des deux bords par le fil vertical de la Lunette.

Supposant la déclinaison du Soleil de  $20^{\circ} 53' 29''$  sept. & la latitude du lieu de l'observation  $65 51 0$ , on trouvera . . .  $RCS \dots 28^{\circ} 55' 48''$  Angle du vertical du Soleil, avec la Méridienne, calculé pour l'instant de l'observation ;  
d'où ôtant . . .  $nCS \dots 13 36 26$  observé ci-dessus ; on a

$RCn$ , ou  $RTn \dots 15 19 22$  pour l'angle que forme avec la Méridienne, la ligne tirée de la flèche de Torneå au signal de Niwa.



1737 le 25 Mai au matin.

Le centre du Quart-de-cercle placé dans la direction de Kakama & de la flèche de Torneâ.

Fig. 5.

Temps vrai.

à 2<sup>h</sup> 3' 5" ... *nCS*... 44° 6' 34"<sup>1/2</sup> Angle observé entre le signal de Niwa, & le centre du Soleil levant.

*nCK*... 19 52 34 Angle observé sur le même lieu entre le signal de Niwa, & celui de Kakama.

*KCS*... 24 14 0<sup>1/2</sup> Angle entre le signal de Kakama, & le Soleil levant.

*RCS*... 28 32 48 Angle du vertical du Soleil avec la méridienne, calculé pour le moment de l'observation; la déclinaison du Soleil étant de 20° 55' 22".

*KCR*, ou *KTR*... 4 18 47<sup>1/2</sup> Angle que forme avec la Méridienne, la ligne tirée de la flèche de Torneâ au signal de Kakama.

1737 le 25 Mai au matin.

Le Quart-de-cercle dans la même situation,

Temps vrai.

à 2<sup>h</sup> 9' 38" ... *nCS*... 45° 36' 34"<sup>1/2</sup>

*nCK*... 19 52 34

*KCS*... 25 44 0<sup>1/2</sup>

*RCS*... 30 2 25

La déclinaison du Soleil étant de 20° 55' 25".

*KTR*... 4 18 24<sup>1/2</sup> Angle que forme avec la Méridienne, la ligne tirée de la flèche de Torneâ au signal de Kakama.

Réduisant la position de Niwa, donnée par la première

## 108 Mesure du Degré du Méridien

Fig. 4.  
& 5.

observation, à celle de Kakama, par l'angle  $\angle TK$ , qui est (pag. 80.) de  $19^{\circ} 38' 17''$ ,  
on aura  $KTR \dots 4 \ 18 \ 56$  pour la déclinaison de Kakama. Et prenant un milieu entre ce que donnent ces trois observations,

$$\left. \begin{array}{l} 4^{\circ} 18' 24''\frac{1}{2} \\ 4 \ 18 \ 47\frac{1}{2} \\ 4 \ 18 \ 56 \end{array} \right\} \text{on aura } 4^{\circ} 18' 42''\frac{1}{2} \text{ pour la déclinaison orientale de Kakama.}$$

Mais par le calcul précédent des Triangles, nous avons trouvé cet angle de  $4^{\circ} 11' 53''$   
à quoi ajoutant  $0 \ 7 \ 24$  que nous avons trouvé (pag. 93.) pour la convergence des Méridiens de Torneâ & de Kittis, on aura  $KTR \dots 4 \ 19 \ 17$

Par les trois observations précédentes, cet angle étoit de  $4 \ 18 \ 42\frac{1}{2}$   
qui ne diffère que de  $0 \ 0 \ 34\frac{1}{2}$ .

Cette différence est trop petite, pour qu'on puisse la regarder comme une véritable déviation de la Méridienne : partant nous n'en avons tenu aucun compte, d'autant plus que la position de la figure, à l'égard de la Méridienne, avoit été conclüe sur Kittis, par un plus grand nombre d'observations.



### CHAPITRE III.

#### Vérification de la distance de Torneà à Kittis, par dix nouvelles suites de Triangles.

I.

PAR les Triangles  $TnK$ ,  $nKC$ ,  $CKH$ ,  $HCA$ ,  $AHP$ ,  $PHN$ ,  $NPQ$ . Fig. 6.

Partant toujours du côté  $AC$ , la résolution de ces Triangles donne pour la distance  $QM$  . . . . . 54941 Toises.  
Qui diffère de la distance conclue (pag. 91.) 54942,57.  
par nos deux premières suites, de . . . . .  $1\frac{1}{2}$ .

II.

Par les Triangles  $TnK$ ,  $KHn$ ,  $nCH$ ,  $HCA$ ,  $APH$ ,  $HNP$ ,  $PNQ$ , on a  $QM$  . . . . . 54936 Fig. 7.

Qui diffère de  $QM$  (pag. 91.) de . . . . .  $6\frac{1}{2}$ .

III.

Par les Triangles  $TnK$ ,  $KnH$ ,  $HnA$ ,  $ACH$ ,  $HAP$ ,  $PHN$ ,  $NPQ$ , on a  $QM$  . . . . . 54942  $\frac{1}{2}$  Fig. 8.

Qui ne diffère pas sensiblement.

IV.

Par les Triangles  $TnK$ ,  $KCH$ ,  $HnC$ ,  $CHA$ ,  $AHP$ ,  $PHN$ ,  $NPQ$ , on a  $QM$  . . . . . 54943  $\frac{1}{2}$  Fig. 9.

Qui diffère de . . . . . 1.

V.

Par les Triangles  $TnK$ ,  $KnC$ ,  $CnA$ ,  $ACH$ ,  $HAP$ ,  $PHN$ ,  $NPQ$ , on a  $QM$  . . . . . 54925 Fig. 10.

Qui diffère de . . . . .  $17\frac{1}{2}$ .

V I.

- Fig. 11. Par les Triangles  $T_nK$ ,  $KnH$ ,  $HAn$ ,  $nCA$ ,  $AHP$ ,  
 $PHN$ ,  $NPQ$ , on a  $QM$ ..... 54915  $\frac{1}{2}$  Toises.  
 Qui diffère de ..... 27

V I I.

- Fig. 12. Par les Triangles  $T_nK$ ,  $KnC$ ,  $CAn$ ,  $nHK$ ,  $KHN$ ,  
 $NHP$ ,  $PNQ$ , on a  $QM$ ..... 54912  
 Qui diffère de ..... 30  $\frac{1}{2}$

V I I I.

- Fig. 13. Par les Triangles  $T_nK$ ,  $KCn$ ,  $nAC$ ,  $CKH$ ,  $HKN$ ,  
 $NHP$ ,  $PNQ$ , on a  $QM$ ..... 54906  $\frac{1}{2}$   
 Qui diffère de ..... 36

I X.

- Fig. 14. Par les Triangles  $T_nC$ ,  $CnA$ ,  $AnH$ ,  $HAP$ ,  $PHN$ ,  
 $NPQ$ , on a  $QM$ ..... 54910  
 Qui diffère de ..... 32  $\frac{1}{2}$

X.

- Fig. 15. Par les Triangles  $T_nC$ ,  $CAn$ ,  $nCK$ ,  $KnH$ ,  $HKN$ ,  $NHP$ ,  
 $PNQ$ , on a  $QM$ ..... 54891  
 Qui diffère de ..... 51  $\frac{1}{2}$

Quoiqu'il ne se trouve pas entre toutes ces suites, de différences bien considérables, nous n'avons pas cru les devoir faire entrer dans la détermination de la longueur de notre arc, que nous avons faite sur deux suites qui nous ont paru préférables aux autres.



## C H A P I T R E I V.

*Autre vérification de la distance de Torneø  
à Kittis.*

QUOIQU'ON puisse assés voir par les dix Fig. 16.  
suites précédentes, qu'il ne s'étoit pas pû  
glisser d'erreur considérable dans les obser-  
vations des Triangles de la Méridienne ;  
puisque toutes ces suites, dont plusieurs  
employent des Triangles rejettables par la  
petitesse de leurs angles, ne donnent pas de  
grandes différences entr'elles ; voici une  
autre espece de vérification qui ôte toute  
inquiétude sur l'erreur des observations,  
quand même on n'auroit observé que les  
angles nécessaires pour la première suite.

Nous supposons que dans chaque Trian-  
gle, il y eût une erreur de 20" à chacun des  
deux angles, & de 40" au troisième : & que  
ces erreurs eussent toujourns diminué la lon-  
gueur de la Méridienne *QM*. La petitesse  
de la différence qu'on a par cette supposition,  
fait voir l'avantage que nous avons dans le  
petit nombre de nos Triangles, & dans la  
position de la base à l'égard de ces Triangles.



Voici comment le calcul doit s'entreprendre.

Partant toujours de la base  $Bb$ , & faisant les angles  $Bba$ , &  $bBa$  plus petits de  $20''$ , que  $BbA$  &  $bBA$ , on a le côté  $aB$  au lieu de  $AB$ . Se servant ensuite de ce côté  $aB$ , & faisant les angles  $BaC$ , &  $aBc$  plus petits de  $20''$ , que  $BAC$ , &  $ABC$ , on a le point  $c$  au lieu du point  $C$ , & le côté  $ac$  au lieu de  $AC$ .

Par  $ac$ , on a les côtés  $ah$  &  $ch$ , au lieu de  $AH$ , &  $CH$ , en supposant les angles  $cah$ , &  $ach$  plus petits de  $20''$  que les angles  $CAH$  &  $ACH$ : & allant ainsi toujours, en diminuant les Triangles de la Méridienne, on a la figure  $qpnhackt$  au lieu de  $QPNHACKT$ .

Ensuite supposant aussi une erreur de  $20''$  dans la position de la Méridienne, c'est-à-dire, en supposant que  $pqm$  soit plus petit de  $20''$  que  $PQM$ ; on a, le calcul étant fait en toute rigueur,  $qm$  plus petit que  $QM$  de 54 toises, erreur peu considérable, quoiqu'elle résulte de la supposition la plus étrange de mal-adresse & de malheur.



CHAPITRE V.

Vérification de l'Amplitude de l'Arc du Méridien.

I.

Observations de l'Etoile  $\alpha$  du Dragon, faites à Torneâ, dans le même lieu où l'on avoit observé l'Etoile  $\delta$ .

1737.

Le fil à plomb sur le point du limbe marqué  $3^{\circ} 15' 0''$  de la division supérieure;

Le Micrometre marquoit,

17 Mars. . .	{	AVANT l'observation. . .	19	Révol.	32,7	parts
		PENDANT l'observation. . .	16		42,0	
		APRÈS . . . . .	19		34,0	
			19		33,3	
			16		42,0	
		Différence . . . . .	2		35,3	

18 Mars. . .	{	AVANT . . . . .	22		21,6	
		PENDANT . . . . .	19		30,4	
		APRÈS . . . . .	22		21,9	
			22		21,7	
			19		30,4	
		Différence . . . . .	2		35,3	

19 Mars. . .	{	AVANT . . . . .	21		21,0	
		PENDANT . . . . .	18		32,1	
		APRÈS . . . . .	21		21,3	
			21		21,1	
			18		32,1	
		Différence . . . . .	2		33,0	

# 114 Mesure du Degré du Méridien

## I I.

Observations de la même Etoile, faites sur Kittis, dans le même lieu où l'on avoit observé l'Etoile  $\delta$ .

1737.

Le fil à plomb sur le point du limbe marqué  $4^{\circ} 15' 0''$  de la division supérieure;

Le Micrometre marquéoit

4 Avril...	{	AVANT l'observation . . . . .	21 Révol.	12,0 parts
		PENDANT l'observation.	14	43,0
		APRÈS . . . . .	21	12,0
			<hr/>	
			21	12
			14	43
		Différence . . . . .	6	13,0

5 Avril...	{	AVANT . . . . .	21	12,5
		PENDANT . . . . .	15	0,0
		APRÈS . . . . .	21	12,2
			<hr/>	
			21	12,3
			15	0,0
		Différence . . . . .	6	12,3

6 Avril...	{	AVANT . . . . .	21	19,5
		PENDANT . . . . .	15	7,2
		APRÈS . . . . .	21	19,7
			<hr/>	
			21	19,6
			15	7,2
		Différence . . . . .	6	12,4

Ces observations, tant à Torneâ que sur Kittis, furent faites à la lumière d'un flambeau qui éclairoit par réflexion, les fils du foyer de la lunette.



CHAPITRE VI.

Calcul de l'Arc du Méridien observé.

Les observations de Torneå donnent...	2 Révol.	35,3 part.
	2	35,3
	2	33,0

Dont le milieu est . . . . . 2 34,5

Les observations sur Kittis donnent...	6 Révol.	13,0 part.
	6	12,3
	6	12,4

Dont le milieu est . . . . . 6 12,6

On a donc pour l'arc du limbe, sur lequel tomboit le fil pendant le passage de l'Etoile à Torneå . . . . . 3° 15' 0" — 2 34,5

Et pour l'arc du limbe, sur lequel tomboit le fil pendant le passage de la même Etoile sur Kittis . . . . . 4 15 0 — 6 12,6

La différence de ces deux arcs, donne la différence de la distance de cette Etoile au Zénith de Kittis & de Torneå . . . . . 1 0 0 — 3 22,1

3 Révol. 22,1 part. = . . . . . 0° 2' 33",5  
 qui étant retranchées de . . . . . 1° 0' 0"  
 donnent l'arc observé de . . . . . 0° 57' 26",5.

Correction pour la petitesse de la corde de 5°  $\frac{1}{2}$  . . . . . 0° 0' 0",65,  
 on a pour l'arc observé . . . . . 0° 57' 25",85.

\* H ij

## C H A P I T R E V I I .

*Vérifications du Secteur.*

## I.

*Vérification de l'Arc de  $5^{\text{d}}\frac{1}{2}$  du Secteur.*

LE 4 Mai 1737 à Torneâ, nous mesurâmes sur la glace du fleuve, une distance de 380 toises 1 pied 3 pouces 0 ligne : elle fut mesurée deux fois; & entre la première & la seconde mesure, on ne trouva aucune différence. A l'une des extrémités de cette distance, étoit placé le centre du Secteur, qu'on avoit posé horizontalement sur deux gros affuts, dans une chambre qu'on avoit choisi sur le bord du fleuve. A l'autre extrémité étoit un poteau, sur lequel on avoit placé une mire, du centre de laquelle on mesura dans une direction perpendiculaire à la distance qui devoit servir de rayon, une autre distance de 36 toises 3 pieds 6 pouces  $6\frac{2}{3}$  lignes, qui devoit servir de tangente, & qui étoit terminée par le centre d'une autre mire attachée sur un second poteau; ce qui formoit sur la glace, un Secteur d'environ



380 toises de rayon, auquel nous comparions le nôtre.

On avoit tendu un fil d'argent depuis le centre du Secteur, jusqu'à un point d'appui éloigné d'environ 5 ou 6 pouces du limbe: ce point étoit tout-à-fait immobile, ainsi qu'on le vérifioit; & le fil d'argent effleuroit le limbe du Secteur, qu'on faisoit mouvoir horizontalement autour de son centre.

L'angle entre les deux mires pris par cinq Observateurs, fut trouvé plus grand que  $5^{\circ} 30'$ .

	parties du Micromet.
Par le 1. <sup>er</sup> de . . . . .	6,5
Par le 2. <sup>d</sup> de . . . . .	8,3
Par le 3. <sup>e</sup> de . . . . .	7,0
Par le 4. <sup>e</sup> de . . . . .	7,9
Par le 5. <sup>e</sup> de . . . . .	6,8

Donc par un milieu, de  $7,3$  P, ou de  $7,3$

Or, selon la construction du Secteur, (page 104.) l'arc dont nous nous sommes servis, est trop petit de  $3''\frac{3}{4}$ :

il est de . . . . .	$5^{\circ} 29' 56'',25$
En retranchant encore	$0^{\circ} 0' 7'',3$

L'angle observé, est de  $5^{\circ} 29' 48'',95$

Et l'angle calculé, est de  $5^{\circ} 29' 50'',00$

## 118 *Mesure du Degré du Méridien*

D'où l'on voit quelle est la justesse de cet instrument; & à quel degré de précision, on peut observer avec. Cette différence de 1" sur l'arc de  $5^{\circ} \frac{1}{2}$ , ne mérite pas qu'on y fasse attention, & peut venir de l'erreur de l'observation.

### I I.

*Vérification des deux degrés du limbe, dont on s'est servi pour déterminer l'amplitude de l'arc du Méridien.*

Le Secteur toujours posé horizontalement sur ses affuts, on avoit tendu deux fils partants du centre, & qui faisant entr'eux un angle fort approchant de  $1^{\circ}$ , effleuroient le limbe, & étoient fixés sur deux chevallets immobiles. On avoit placé au-dessus de chacun de ces fils, un Microscope, dont le foyer étoit éclairé par la lumière d'une bougie, réunie par une lentille: & lorsque le Micrometre faisoit mouvoir la lunette, les points du limbe se trouvoient tous successivement aux foyers des Microscopes.

On comparoit ainsi avec l'intervalle fixe que les fils laissoient entr'eux, les deux degrés dont on s'étoit servi pour les deux Étoiles, en faisant passer ces deux degrés l'un après



l'autre sous ces fils: & l'observation faite par cinq observateurs, on trouvoit l'arc compris entre les points marqués  $1^{\circ} 37' 30''$ , &  $2^{\circ} 37' 30''$ , plus grand que l'arc compris entre les points  $3^{\circ} 15' 0''$ , &  $4^{\circ} 15' 0''$ .

Le 1. <sup>er</sup> observateur de . . .	0",6	} 0",95
Le 2. <sup>d</sup> de . . . . .	0,7	
Le 3. <sup>e</sup> de . . . . .	0,8	
Le 4. <sup>e</sup> de . . . . .	0,85	
Le 5. <sup>e</sup> de . . . . .	1,8	

Donc par un milieu, l'arc sur lequel on avoit observé l'amplitude par l'Étoile  $\delta$ , étoit plus long que celui sur lequel on avoit observé l'amplitude par l'Étoile  $\alpha$ , de 0",95.

Il faut remarquer ici, qu'on peut tout autrement compter sur cette petite différence observée entre les deux degrés du limbe, que sur celle de l'article précédent; parce que celle-là dépendoit de l'observation du point sous le fil, & de l'observation de l'objet dans la lunette; au lieu que celle-ci ne dépend que de l'observation du point sous le fil, qui, par le moyen des Microscopes bien éclairés, se peut faire avec la dernière justesse.

*Vérification de la division du Secteur.*

On examina de la même manière, chaque intervalle du limbe, de 15' en 15', dans la division supérieure; & voici la Table de ce qu'on trouva, qui fera connoître l'exactitude de la division de cet instrument, & de son Micrometre.

De	0° 15' à	0° 30'	...	Suivant nous.		Suivant M. Graham.	
				Revol.	parties.	parties.	parties.
	0 30	à 0 45	.....	22,2	.....	22,25	
	0 45	à 1 00	.....	23,7	.....	23,5	
<hr/>							
	1 00	à 1 15	.....	23,4	.....	23,75	
	1 15	à 1 30	.....	24,3	.....	24,5	
	1 30	à 1 45	.....	23,2	.....	23,5	
	1 45	à 2 00	.....	23,8	.....	24,5	
<hr/>							
	2 00	à 2 15	.....	23,4	.....	23,875	
	2 15	à 2 30	.....	23,1	.....	23,5	
	2 30	à 2 45	.....	23,6	.....	24,125	
	2 45	à 3 00	.....	23,3	.....	23,5	
<hr/>							
	3 00	à 3 15	.....	24,3	.....	24,375	
	3 15	à 3 30	.....	24,0	.....	24,0	
	3 30	à 3 45	.....	23,1	.....	23,25	
	3 45	à 4 00	.....	24,0	.....	24,125	
<hr/>							
	4 00	à 4 15	.....	23,4	.....	24,125	
	4 15	à 4 30	.....	22,9	.....	23,75	
	4 30	à 4 45	.....	23,3	.....	23,5	
	4 45	à 5 00	.....	22,9	.....	22,75	
<hr/>							
	5 00	à 5 15	.....	23,6	.....	24,25	
	5 15	à 5 30	.....	23,0	.....	23,625	
	5 30	à 5 45	.....	22,1	.....	22,5	
<hr/>							
Le milieu donne 15 = 20 <sup>R</sup> .				23,3 <sup>P</sup> .	.....	23,6 <sup>P</sup> .	



## CHAPITRE VIII.

*Détermination du degré du Méridien, qui coupe le cercle Polaire.*

## I.

*Détermination de l'amplitude de l'arc du Méridien, terminé par les cercles parallèles, qui passent par Kittis & Torneâ.*

ON a trouvé (page 104.) pour l'amplitude de l'arc du Méridien, déterminée par l'Étoile  $\delta$ , l'arc observé. . . 57' 25",55

Et pour l'amplitude du même arc, déterminée par l'Étoile  $\alpha$ , (page 115.) l'arc observé . . . . . 57' 25",85

Pour avoir les véritables amplitudes que donnent l'une & l'autre de ces Étoiles, il faut faire à ces arcs différentes corrections.

POUR L'ÉTOILE  $\delta$ .

Par la Précession des Équinoxes, depuis le 6 Octobre jusqu'au 3 Novembre, qu'on prend pour l'intervalle entre les observations de l'Étoile  $\delta$  du Dragon, cette Étoile s'étoit approchée du Pole, de 0",48 : & comme elle

122 *Mesure du Degré du Méridien*

étoit vûë au Nord sur Kittis, il faut retrancher  
de l'arc observé (*page 104.*)  $57' 25'',55$   
cette quantité . . . . .  $0' 0'',48$

Et l'on a l'amplitude corrigée \_\_\_\_\_  
pour la Précession . . . . .  $57' 25'',07$

Par l'Aberration de la  
lumiére, cette Etoile pendant  
le même temps, s'étoit éloi-  
gnée du Pole, de . . . . .  $0' 1,83$   
qu'il faut ajoûter.

Et l'on a l'amplitude par  $\Delta$ ,  
corrigée pour la Précession &  
l'Aberration . . . . .  $57' 26'',9$

POUR L'ÉTOILE  $\alpha$ .

Par la Précession des Équinoxes, depuis  
le 18 Mars jusqu'au 5 Avril, qui est l'in-  
tervalle entre les observations de l'Étoile  
 $\alpha$  du Dragon, cette Étoile s'étoit éloignée du  
Pole de  $0'',85$ . Et comme elle étoit vûë au  
Midi à Torneå, il faut retrancher de l'arc  
observé (*page 115.*) . . .  $57' 25'',85$   
cette quantité . . . . .  $0' 0'',85$

Et l'on a l'amplitude corrigée \_\_\_\_\_  
pour la Précession . . . . .  $57' 25'',00$



Par l'Aberration de la lumière, cette Étoile pendant le même temps, s'étoit approchée du Pole, de . . . 0' 5",35 qu'il faut ajoûter.

Et l'on a l'amplitude par  $\alpha$ ,  
 corrigée pour la Précession &  
 l'Aberration . . . . . 57' 30",35

I I.

*Détermination plus exacte de l'amplitude de l'arc du Méridien, terminé par les cercles parallèles qui passent par Kittis & Torneâ.*

M. Bradley ayant bien voulu me faire part de ses dernières découvertes, sur les mouvements des Étoiles; & me communiquer la correction nécessaire aux deux arcs observés par les deux Étoiles  $\delta$  &  $\alpha$ , tant pour la Précession des Équinoxes, que pour l'Aberration de la lumière, & pour un troisième mouvement, dont nous avons parlé (page 44.) Nous employerons pour avoir une plus grande exactitude, les corrections telles qu'il nous les a envoyées, quoiqu'elles ne diffèrent pas sensiblement de celles que nous venons de faire. Il faudra à

124 *Mesure du Degré du Méridien*

l'arc observé par  $\delta$ , (p. 104.) 57' 25",55  
 ajouter . . . . . 0' 1",38

Et l'on aura l'amplitude par  $\delta$ ,  
 corrigée pour tous les mou-  
 vements . . . . . 57' 26",93

Il faudra à l'arc observé  
 par  $\alpha$ , (page 115.) . . . . . 57' 25",85  
 ajouter . . . . . 0' 4",57

Et l'on aura l'amplitude par  
 $\alpha$ , corrigée pour tous les mou-  
 vements. . . . . 57' 30",42

Quoique la différence qui se trouve ici entre ces deux amplitudes, ne soit que de 3",49, on voit (page 119.) qu'elle n'est réellement que de 2",54: & elle n'iroit pas à 2", si l'on ne faisoit usage que des observations les plus parfaites; que de celles où le Micrometre, après le passage de l'Etoile, lorsqu'on remettoit le point sous le fil, marquoit à 1" ou moins, près, ce qu'il avoit marqué auparavant. Cette différence est si petite, qu'on ne peut pas douter que les deux opérations ne soient fort justes.

Nous ne faisons ici aucune correction



pour la Réfraction; parce que s'il y en a encore à de si petites distances du Zénith, elle n'y sçauroit être bien connue; & que sûrement elle ne produit pas ici d'effet sensible.

I I I.

*Détermination du Degré du Méridien, qui coupe le Cercle Polaire.*

Nous prendrons donc pour la vraie amplitude de l'arc du Méridien, compris entre les paralleles qui passent par Kittis & Torneå  $57' 28'',67$ , qui est l'amplitude moyenne entre les deux précédentes. Et comparant cette amplitude avec la longueur de l'arc  $q\mu$ , qui (page 93.) est de  $55023,47$  toises, on trouvera que la longueur du degré du Méridien qui coupe le Cercle Polaire, est de  $57437,9$  toises.

Fig. 2.

I V.

*Remarque sur le degré mesuré par M. Picard.*

Ce degré, comme on voit, est plus long de  $377,9$  toises, que celui qu'on prend communément pour le degré moyen de la France, que M. Picard a déterminé de  $57060$  toises.

126 *Mesure du Degré du Méridien*

Mais si l'on fait au degré de M. Picard, la correction nécessaire pour l'Aberration de l'Étoile  $\delta$  du *Genouil de Cassiopée*, par laquelle il détermina son amplitude, on verra que prenant le 15 Septembre & le 15 Octobre pour les milieux des temps de ses observations, il faut ajouter  $8\frac{1}{2}''$  à l'amplitude de l'arc de Malvoisine à Amiens: y ajoutant encore  $1\frac{1}{2}''$  pour la Précession des Équinoxes, &  $1\frac{1}{2}''$  pour la réfraction, corrections qu'il n'avoit point faites; cette amplitude sera  $1^{\circ} 23' 6\frac{1}{2}''$ : & comparée à la longueur de l'arc 78850 toises, elle donne le degré vers Paris, de 56925,7 toises, plus court que le nôtre, de 512,2 toises.

Enfin, si l'on refusoit d'admettre la Théorie de M. Bradley, & qu'on n'attribuât aux Étoiles que le changement en déclinaison, causé par la Précession des Équinoxes, l'amplitude de notre arc seroit par l'Étoile  $\delta$ , (*page 122.*)  $57' 25'',07$ ; & par l'Étoile  $\alpha$ , (*p. 122.*)  $57' 25'',00$ . D'où l'on trouveroit notre degré encore plus long qu'on ne le trouve en suivant la Théorie de M. Bradley.



## V.

## C O N C L U S I O N .

*Le degré du Méridien qui coupe le Cercle Polaire, surpassant le degré du Méridien en France, la Terre est un Sphéroïde applati vers les Pôles.*

---

## C H A P I T R E I X .

*Manière de trouver la Figure de la Terre, par la Mesure de deux Degrés du Méridien.*

LORSQU'ON connoît la longueur de deux différens degrés du Méridien, mesurés dans des lieux dont on connoît la latitude, la figure de la Terre est déterminée: voici la solution de ce Probleme, & une formule pour trouver le rapport de l'axe de la Terre au diametre de l'Equateur.

## P R O B L E M E .

*La longueur & la latitude de deux Degrés du Méridien, étant données, trouver la Figure de la Terre!*

Considérant la Terre comme un Ellipsoïde, parce qu'elle n'en diffère que très-peu:

Fig. 17. soit l'Ellipse  $PAp$ , qui représente le Méridien; dans laquelle l'axe est  $Pp$ , & le diamètre de l'Équateur  $Aa$ . Soient deux degrés de cette Ellipse, ou deux petits arcs d'une même amplitude  $Ee$ ,  $Ff$ . Les perpendiculaires à l'Ellipse qui les terminent, concourent aux points  $G$  &  $H$ , faisant les angles  $G$  &  $H$  égaux. Et les latitudes où se trouvent ces deux degrés sont données par les angles  $EKA$ ,  $FLA$ .

Soit le rapport de  $CP$  à  $CA$ , celui de  $m$  à  $1$ ;  $CM = x$ ,  $EM = y$ ; le sinus de l'angle  $EKA$ , c'est-à-dire, le sinus de latitude du point  $E = f$ , pour le rayon  $= 1$ ; le sinus de l'angle  $FLA$ , ou le sinus de latitude du point  $F = s$ , pour le même rayon. Enfin, soient les arcs  $Ee = E$ , &  $Ff = F$ .

On a par la propriété de l'Ellipse  $y = m \sqrt{(1 - xx)}$ ;  $EK = m \sqrt{(1 - xx + mmxx)}$ ; & le rayon de la développée

$$EG = \frac{1}{m} (1 - xx + mmxx)^{\frac{3}{2}}. \text{ Et } FL$$

&  $FH$ , ont les mêmes expressions pour l' $x$  qui leur convient. Puisque  $f$  est le sinus de l'angle  $EKA$  pour le rayon  $1$ , on a  $1 : f :: m \sqrt{(1 - xx + mmxx)} : m \sqrt{(1 - xx)}$ .

Ou



Ou  $xx = \frac{1 - ff}{1 - ff + mm ff}$ . Et mettant cette Fig. 17.

valeur de  $xx$  dans l'expression de  $EG$  &  $FH$ , on a  $EG = \frac{mm}{(1 - ff + mm ff)^{\frac{3}{2}}}$ , &

$FH = \frac{mm}{(1 - ss + mm ss)^{\frac{3}{2}}}$ . Et puisque les

arcs  $Ee$ , &  $Ff$ , ont la même amplitude, c'est-à-dire, que les angles  $G$  &  $H$  sont

égaux, on a  $E : F :: \frac{mm}{(1 - ff + mm ff)^{\frac{3}{2}}}$

$:\frac{mm}{(1 - ss + mm ss)^{\frac{3}{2}}}$ ; ou  $E \times [1 + (mm - 1)ff]^{\frac{3}{2}}$

$= F \times [1 + (mm - 1)ss]^{\frac{3}{2}}$ , ou réduisant

en suites,  $E \times [1 + \frac{3}{2}(mm - 1)ff +$

$\frac{3}{8}(mm - 1)^2 f^4 + \&c.] = F \times [1 +$

$\frac{3}{2}(mm - 1)ss + \frac{3}{8}(mm - 1)^2 s^4 + \&c.]$

Mais comme l'Ellipsoïde de la Terre ne

diffère pas beaucoup du Globe, la quantité

$mm - 1$  est fort petite, & l'on peut négliger

les termes où se trouvent son carré & ses

puissances ultérieures. Et l'on a  $E \times [1 +$

$\frac{3}{2}(mm - 1)ff] = F \times [1 + \frac{3}{2}(mm - 1)ss]$

ou  $2E + 3(mm - 1)E ff = 2F +$

Fig. 17.  $3(mm-1)Fss$ ; ou  $1-mm = \frac{2(E-F)}{3(Eff-Fss)}$ .

ou prenant  $D$ , pour la différence entre le demi-axe & le rayon de l'Équateur, on a

$$D = \frac{E-F}{3(Eff-Fss)}, \text{ ou } D = \frac{E-F}{3E(ff-ss)}.$$

D'où l'on peut facilement déterminer l'espèce de l'Ellipsoïde, & construire une table des différentes longueurs du degré pour chaque latitude.


*Coroll.* Si l'un des degrés qu'on compare, est pris à l'Équateur, la formule précédente devient  $D = \frac{E-F}{3Eff}$ : & si l'autre degré est

pris au Pôle, la formule devient  $D = \frac{E-F}{3E}$ ;

D'où l'on voit que le rayon de l'Équateur est au triple du dernier degré de latitude; comme la différence entre le diamètre de l'Équateur & l'axe, est à la différence entre le premier & le dernier degré de latitude.







OBSERVATIONS  
FAITES AU  
CERCLE POLAIRE.  
*LIVRE SECOND.*

Observations Astronomiques, pour déterminer la hauteur du Pole à Torneå, la Réfraction & la Longitude.

---

CHAPITRE PREMIER.

*Observations d'Arcturus & de l'Etoile Polaire, à Torneå & à Paris.*

I.

*Observations d'Arcturus & de l'Etoile Polaire à Torneå.*

ON a observé à Torneå & à Paris, la distance au Zénith de l'Etoile Polaire & d'Arcturus, dont on avoit dessein de se servir pour déterminer si la réfraction à la

hauteur de ces Étoiles différoit sensiblement à Torneå de ce qu'elle est à Paris, comme on avoit lieu de le croire, par l'observation de Bilberg à Torneå, & des Hollandois à la nouvelle Zemble.

On avoit choisi ces deux Étoiles, parce que l'arc du Méridien, terminé par leurs parallèles, se trouvoit à Torneå à peu-près à la même hauteur qu'à Paris; avec cette différence, que c'étoit dans une disposition opposée. Partant, si la réfraction étoit plus grande à Torneå, cet arc devoit y être plus court qu'à Paris.

Mais par les observations, cet arc s'est trouvé de la même longueur à Paris & à Torneå, à quelques petites différences près, qui donneroient au contraire la réfraction plus petite à Torneå, mais que nous n'attribuons qu'aux erreurs des observations, & qui sont trop peu considérables, pour devoir en juger la réfraction inégale à cette hauteur.

Voici les observations de ces deux Étoiles, faites à Torneå avec un Quart-de-cercle de 3 pieds de rayon, & à Paris avec un Quart-de-cercle de  $2\frac{1}{2}$  pieds; l'un & l'autre bien vérifié par le renversement.



*Distance de l'Etoile Polaire au Zénith de Torneâ,*

*Observée en Novembre & Décembre 1736. Réduite pour 1737.*

27 Novembre . . . . .	22° 2' 51"	.....	22° 3' 11"
29 Novembre . . . . .	22 2 40	.....	22 3 0
1 Décembre . . . . .	22 2 43	.....	22 3 3

Donc par un milieu entre ces observations, la distance de l'Etoile Polaire au Zénith de Torneâ, étoit au commencement de Décembre 1737 . . . . .

22 3 5

*Distance d'Arcturus au Zénith de Torneâ.*

26 Novembre 1737.	45° 15' 49"	.....	45° 16' 6"
1 Décembre . . . . .	45 16 4	.....	45 16 21
3 Décembre . . . . .	45 15 43	.....	45 16 0
9 Décembre . . . . .	45 15 52½	.....	45 16 9½

Donc par un milieu entre ces observations, la distance d'Arcturus au Zénith de Torneâ, étoit au commencement de Décembre 1737 . . . . .

45 16 9

qui, ajoutée à la distance du Zénith de l'Etoile Polaire . . . . .

22 3 5

donne pour l'arc du Méridien terminé par les parallèles de ces deux Etoiles, observé à Torneâ . . . . .

67 19 14

# 134 Observations Astronomiques

## I I.

### Observations des mêmes Étoiles à Paris.

#### Distance de l'Étoile Polaire au Zénith de Paris,

Observée en Novembre & Décembre 1737.

8 Novembre . . . . .	39° 2' 19 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "
9 Novembre . . . . .	39 2 22
5 Décembre . . . . .	39 2 30
8 Décembre . . . . .	39 2 33
14 Décembre . . . . .	39 2 34

Donc par un milieu entre ces observations, la distance de l'Étoile Polaire au Zénith de Paris, étoit au commencement de Décembre 1737 . . . . .

39 2 28

#### Distance d'Arcturus au Zénith de Paris.

29 Octobre 1737 . . . . .	28° 16' 30"
8 Novembre. . . . .	28 16 32
16 Décembre. . . . .	28 16 44
24 Décembre. . . . .	28 16 43

Donc par un milieu entre ces observations, la distance d'Arcturus au Zénith de Paris, étoit au commencement de

Décembre 1737 . . . . . 28 16 37

qui, ajoutée à la distance au Zénith de l'Étoile Polaire . . . . . 39 2 28

donne pour l'arc du Méridien terminé par les parallèles de ces deux Étoiles, observé à Paris . . . . .

67 19 5



III.

*La même opération faite sur l'Etoile Polaire, dans la partie inférieure de son cercle, comparée avec Arcturus.*

*Distances de l'Etoile Polaire au Zénith de Torneâ,*

*Observées en Novembre & Décembre 1736. Réduites pour 1737.*

26 Novembre . . . . .	26° 14' 37"	. . . . .	26° 14' 17"
27 Novembre . . . . .	26 14 37	. . . . .	26 14 17
1 Décembre . . . . .	26 14 36	. . . . .	26 14 16

Donc par un milieu entre ces observations, la distance de l'Etoile Polaire au Zénith de Torneâ, étoit au commencement de Décembre 1737. . . . . 26 14 17

La distance d'Arcturus (page 133.). . . . . 45 16 9

Donc l'arc du Méridien terminé par les parallèles de ces deux Etoiles, observé à Torneâ . . . . . 71 30 26

IV.

*Distances de l'Etoile Polaire au Zénith de Paris,*

*Observées en Novembre & Décembre 1737.*

2 Décembre . . . . .	43° 13' 42"
3 Décembre . . . . .	43 13 41
9 Décembre . . . . .	43 13 42
14 Décembre . . . . .	43 13 47
19 Décembre . . . . .	43 13 45

Donc par un milieu entre ces observations, la distance de l'Etoile Polaire au Zénith de Paris, étoit au commencement de Décembre 1737. . . . . 43 13 43

La distance d'Arcturus (page 134.). . . . . 28 16 37

Donc l'arc du Méridien terminé par les parallèles de ces deux Etoiles, observé à Paris . . . . . 71 30 20

## V.

On voit par ces observations, qu'à la hauteur de ces Étoiles, la réfraction ne diffère pas sensiblement à Torneå, de ce qu'elle est à Paris.

Mais indépendamment de ces observations, nous pouvons chercher d'abord la hauteur du Pole à Torneå, en supposant cette réfraction la même; parce qu'à la hauteur où l'on y voit l'*Etoile Polaire*, cette supposition ne peut pas causer d'erreur considérable. L'on peut ensuite se servir de la hauteur du Pole ainsi déterminée, pour conclurre les réfractions horisontales; & si l'on trouve que les réfractions horisontales ne diffèrent pas sensiblement de ce qu'elles sont à Paris, on peut ensuite, avec assés de sûreté, se servir de la même table de réfraction, pour les plus grandes hauteurs à Torneå.



C H A P I T R E I I.

Hauteur du Pole à Torneå.

I.

Hauteur du Pole, conclüë par les observations  
faites avec le Quart-de-cercle de 3 pieds de rayon.

AU commencement de Décembre 1736,  
la plus petite distance au Zénith de l'Etoile  
Polaire, étoit à Torneå, (p. 133.) 22° 2' 45"  
la plus grande, (page 135.) 26 14 37  
Somme de ces distances . . . 48 17 22  
dont la moitié . . . . . 24 8 41  
est la distance du Zénith de  
Torneå au Pole, dont le  
complément . . . . . 65 51 19  
fera la hauteur apparente du  
Pole: dont ôtant pour la  
réfraction moyenne, entre  
celles que M. Cassini & M. de  
la Hire, déterminent à Paris, 0 0 29  
Reste la hauteur du Pole à  
Torneå . . . . . 65 50 50  
pour le lieu qui est à l'extrémité méridionale  
de l'arc que nous avons mesuré.

# 138 Observations Astronomiques

## I I.

*Hauteur du Pole, conclüë par les observations faites dans le même lieu avec un Quart-de-cercle de 2 pieds de rayon.*

*Distance la plus grande de l'Etoile Polaire au Zénith. | Distance la plus petite de l'Etoile Polaire au Zénith.*

A Torneå 1737.

6 Janvier . . . 26° 14' 21"		9 Janvier . . . 22° 3' 2"
7 Janvier . . . 26 14 24		12 Janvier . . . 22 2 57
		18 Janvier . . . 22 2 54
		19 Janvier . . . 22 3 0
		22 Janvier . . . 22 2 57
} Jour auquel le Quart-de-cercle fut vérifié par le renversement.		
Milieu . . . . . 26 14 22½		. . . . . 22 2 58
<hr/>		
Somme de ces distances . . . . .		48 17 20
dont la moitié . . . . .		24 8 40
est la distance du Zénith de Torneå au Pole; dont le complément . . . . .		65 51 20
fera la hauteur apparente du Pole; dont ôtant pour la réfraction . . . . .		0 0 29
Reste la hauteur du Pole à Torneå . . . . .		<u>65 50 51</u>

## I I I.

*Remarque.*

Quoique ces hauteurs du Pole, des pages 137 & 138, s'accordent parfaitement ensemble, il se trouve cependant une différence de 14", dans la distance de l'Etoile Polaire au Pole, conclüë par les observations de ces deux pages; ce qui feroit soupçonner



qu'il s'est fait dans ces observations quelque compensation; cependant on peut attribuer une partie de cette différence au mouvement de l'Étoile pendant le temps écoulé entre les observations, tant pour la Précession des Équinoxes, que pour l'Aberration.

Nous prendrons donc pour la hauteur du Pole à Torneå . . . . .  $65^{\circ} 50' 50''$   
 plus grande de 8' que celle que Bilberg avoit concluë de ses observations, & plus grande de 11' que celle qu'il devoit conclurre, s'il avoit employé l'obliquité de l'Écliptique, la Parallaxe, & la Réfraction convenables.

Et puisque ses observations lui avoient donné une hauteur du Pole, si différente de la vraie, on ne doit pas être surpris qu'il ait commis des erreurs encore plus grandes sur la réfraction, qu'on avoit crû jusqu'ici presque double à Torneå, de ce qu'elle est en France.

L'amplitude de l'arc du Méridien que nous avons mesuré entre Torneå & Kittis, étant (page 125.) de . . .  $0^{\circ} 57' 28'',7$   
 on aura pour la hauteur du Pole sur Kittis . . . . .  $66^{\circ} 48' 18'',7$   
 que nous prendrons pour  $66^{\circ} 48' 20''$ .

## CHAPITRE III.

*Hauteurs Méridiennes du Soleil.*

## I.

*Hauteurs Méridiennes du bord supérieur du Soleil, observées à Torneà à l'extrémité de notre Méridienne, avec le Quart-de-cercle de 3 pieds, en 1736.*

ON avoit placé dans un petit observatoire, bâti sur le fleuve, l'instrument dont on s'étoit servi sur Kittis, pour déterminer la position de nos Triangles avec la Méridienne (page 83.) la lunette de cet instrument se mouvoit autour de son axe, dans le plan du Méridien dont on s'étoit assuré, & dans lequel on la rétablissoit, lorsqu'il lui étoit arrivé quelque dérangement, par le moyen d'un objet placé dans la Méridienne, à la distance d'environ une demi-lieüe. C'étoit au moment du passage du Soleil par le centre de cette lunette, qu'on prenoit la hauteur.

26	Novembre 1736. . . . .	3°	35'	23 <sup>''</sup>
27	Novembre . . . . .	3	24	30.
1	Décembre . . . . .	2	45	42.
3	Décembre . . . . .	2	31	0
8	Décembre . . . . .	1	56	54.



I I.

*Hauteurs Méridiennes du bord supérieur du Soleil, observées dans le même lieu avec le Quart-de-cercle de 2 pieds, en 1737.*

5 Janvier 1737 . . . . .	2°	9'	32"
7 Janvier . . . . .	2	24	33
9 Janvier . . . . .	2	37	26
12 Janvier . . . . .	3	4	26
13 Janvier . . . . .	3	15	23
19 Janvier . . . . .	3	21	29

Le 22, on vérifia le Quart-de-cercle par le renversement; & puis on s'en servit pour prendre des angles horisontaux.

I I I.

*Hauteurs Méridiennes du bord supérieur du Soleil à l'Équinoxe de Mars.*

On vérifia de nouveau le Quart-de-cercle de 3 pieds, & on observa les hauteurs méridiennes suivantes du bord supérieur du Soleil.

15 Mars 1737 . . . . .	22°	26'	16"
16 Mars . . . . .	22	50	12
17 Mars . . . . .	23	13	50
18 Mars . . . . .	23	37	9
21 Mars . . . . .	24	47	11
22 Mars . . . . .	24	11	35

## C H A P I T R E I V.

*Détermination des Réfractions.*

## I.

Nous partons maintenant de la hauteur du Pole, trouvée (page 139.) pour déterminer les réfractions.

La détermination des réfractions par les hauteurs Méridiennes du Soleil, suppose la hauteur de l'Équateur, l'obliquité de l'Écliptique, le lieu du Soleil, & sa Parallaxe.

Nous employerons ici, la  
 hauteur de l'Équateur . . .  $24^{\circ} 9' 10''$ ;  
 l'obliquité de l'Écliptique .  $23 28 20$ ;  
 la Parallaxe de M. Cassini ; & le lieu du Soleil, selon les tables de M. de Louville, qu'on a réduites au Méridien de Torneâ, en supposant la différence en longitude de  $1^h 23'$  à l'Orient, que nous connoissons, à quelques minutes près, qui ne peuvent causer d'erreur sensible ici ; parce que la déclinaison du Soleil change fort peu d'un jour à l'autre, au temps des observations que nous allons calculer.



I I.

Le 1.<sup>er</sup> Décembre 1736, à midi.

La déclinaison Méridionale du Soleil à Torneâ . . . . .	21° 55' 21 <sup>n</sup>
La hauteur de l'Equateur . . . . .	24 9 10
Donc la hauteur du centre du Soleil . . . . .	2 13 49
La Parallaxe soustraictive . . . . .	0 0 10
La vraye hauteur du centre du Soleil à Torneâ . . . . .	2 13 39
Le demi-diametre du Soleil à ajoûter . . . . .	0 16 19
La hauteur vraye du bord supérieur du Soleil . . . . .	2 29 58
La hauteur du même bord a été observée . . . . .	2 45 42
Donc la réfraction à la hauteur apparente de 2° 46'. . . . .	0 15 44

I I I.

Le 3 Décembre 1736, à midi.

La déclinaison Méridionale du Soleil à Torneâ . . . . .	22° 12' 46 <sup>n</sup>
La hauteur de l'Equateur . . . . .	24 9 10
La hauteur du centre du Soleil . . . . .	1 56 24
La Parallaxe soustraictive . . . . .	0 0 10
La vraye hauteur du centre du Soleil à Torneâ . . . . .	1 56 14
Le demi-diametre du Soleil . . . . .	0 16 20
La hauteur vraye du bord supérieur du Soleil . . . . .	2 12 34
La hauteur du même bord a été observée . . . . .	2 31 0
Donc la réfraction à la hauteur de 2° 31'. . . . .	0 18 26

## I V.

*Le 8 Décembre 1736, à midi.*

La déclinaison Méridionale du Soleil à Torneâ . . . . .	22° 48' 33"
La hauteur de l'Équateur . . . . .	24 9 10
La hauteur du centre du Soleil . . . . .	1 20 37
La Parallaxe soustractive . . . . .	0 0 10
La vraie hauteur du centre du Soleil à Torneâ . . . . .	1 20 27
Le demi-diametre. . . . .	0 16 21
La hauteur vraie du bord supérieur du Soleil à Torneâ . . . . .	1 36 48
La hauteur du même bord a été observée .	1 56 51
Donc la réfraction à la hauteur du 1° 57'	0 20 3

## V.

*Le 5 Janvier 1737, à midi.*

La déclinaison Méridionale du Soleil à Torneâ . . . . .	22° 35' 53"
La hauteur de l'Équateur . . . . .	24 9 10
La hauteur du centre du Soleil . . . . .	1 33 17
La Parallaxe soustractive . . . . .	0 0 10
La vraie hauteur du centre du Soleil à Torneâ . . . . .	1 33 7
Le demi-diametre à ajouter . . . . .	0 16 22
La hauteur vraie du bord supérieur du Soleil à Torneâ . . . . .	1 49 29
La hauteur du même bord a été observée .	2 9 32
Donc la réfraction à la hauteur de 2° 9' <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0 20 3

## VI.



## V I.

Nous avons choisi ici les moindres hauteurs du Soleil, pour calculer les réfractions, & les comparer avec celles qu'ont données pour les mêmes hauteurs à Paris M.<sup>rs</sup> Cassini & de la Hire: celles de Torneå ne s'en écartent pas assés considérablement, pour que nous puissions conclurre qu'il y ait de l'inégalité entre les réfractions à Paris & à Torneå.

Et si les réfractions sont plus petites vers l'E'quateur qu'à Paris, & y ont une différence considérable, il faut croire que de Paris au Cercle Polaire, cette différence n'est pas sensible, quoiqu'on ait cru jusqu'ici que les réfractions à Torneå étoient doubles de ce qu'elles sont à Paris.

## C H A P I T R E V.

*Détermination des Réfractions sur Kittis,  
par Venus inoccidüe.*

## I.

Nous avons encore sur cette matière quelques observations d'une espece singulière sur la Planete de *Venus*, qui parut

# 146 Observations Astronomiques

continuellement sur notre horizon pendant deux mois : nous l'observâmes d'abord sur Kittis avec le Quart-de-cercle de 3 pieds, qu'on avoit bien vérifié.

## Hauteurs Méridiennes de Venus sur Kittis.

AU NORD.		<i>Corrigées par la Parallaxe</i>	
Le 5 Avril 1737, au matin.	0° 58' 6"....	0° 58' 21"	
6 . . . . .	1 11 44.....	1 11 59	
7 . . . . .	1 25 5.....	1 25 20	

AU MIDI.		<i>Corrigées par la Réfraction moins la Parallaxe.</i>	
Le 6 Avril 1737, au soir.	47 17 54....	47 17 3	
7 . . . . .	47 32 45....	47 31 54	

Mouvement diurne en déclinaison . . . . . 14 51

Nous avons corrigé les hauteurs de Venus observées du côté du Midi, par la Réfraction & la Parallaxe, & l'on a pris 15" pour la Parallaxe horizontale de Venus, à la distance où elle étoit alors de la Terre.

## II.

### Calcul de la Réfraction sur Kittis, par les observations de Venus.

Hauteur du Pole sur Kittis (pag. 139.)	66° 48' 20"
Hauteur de l'Equateur . . . . .	23 11 40
Hauteur Méridienne de Venus, le 6 Avril	
au soir . . . . .	47 17 3
Déclinaison de Venus septentrionale . .	24 5 23
Distance de Venus au Pole, le 6 Avril	
au soir . . . . .	65 54 37



Hauteur Méridienne de Venus, le 7 Avril au soir . . . . .	47°	31'	54"
Déclinaison de Venus, septentrionale . . .	24	20	14
Distance de Venus au Pole, le 7 Avril au soir . . . . .	65	39	46
<hr/>			
Dont la distance de Venus au Pole, lorsqu'elle passa au Méridien du côté du Nord, le 7 Avril au matin . . . . .	65	47	11½
Et par conséquent sa hauteur vraie . . .	1	1	8½
La hauteur Méridienne de Venus ob- servée, & corrigée par la Parallaxe, le 7 Avril au matin. . . . .	1	25	20
<hr/>			
Donc la Réfraction à la hauteur de 1° 25' . .	24	11½	

## CHAPITRE VI.

### Détermination des Réfractions à Torneå, par Venus inocciduë.

I.

NOUS continuâmes à Torneå les observa-  
tions de cette Planete, & on y vérifia pour  
cet effet le Quart-de-cercle de 2 pieds.

#### Hauteurs Méridiennes de Venus.

##### AU MIDI.

Corrigées par la Réfraction,  
moins la Parallaxe.

Le 28 Avril 1737, au soir. 51° 36' 3".....	51° 35' 20"
Le 29 Avril . . . . . 51 38 50.....	51 38 7
Le 30 Avril . . . . . 51 41 47.....	51 41 4

##### AU NORD.

Corrigées par la Parallaxe.

Le 30 Avril . . . . . 3 34 58.....	3 35 14
Le 1 May . . . . . 3 38 5.....	3 38 21

K ij

# 148 Observations Astronomiques

## I. I.

### Calcul de la Réfraction à Torneå, par les observations de Venus.

Hauteur de l'Équateur à Torneå . . . . .	24°	9'	10''
Hauteur Méridienne de ♀ le 28 Avril . . . . .	51	35	20
Déclinaison de Venus, septentrionale . . . . .	27	26	10
Distance de ♀ au Pole, le 28 Avril . . . . .	62	33	50
Hauteur Méridienne de ♀ le 29 Avril . . . . .	51	38	7
Déclinaison septentrionale de Venus . . . . .	27	28	57
Distance de Venus au Pole . . . . .	62	31	3
Mouvement diurne en déclinaison, du 28 au 29 Avril . . . . .	0	2	47
Hauteur Méridienne de ♀ le 30 Avril . . . . .	51	41	4
Déclinaison septentrionale de Venus . . . . .	27	31	54
Distance de Venus au Pole . . . . .	62	28	6
Mouvement diurne en déclinaison, du 29 au 30 Avril . . . . .	0	2	57
Le milieu de ces mouvements diurnes . . . . .	0	2	52
Dont la moitié pour douze heures . . . . .	0	1	26
Distance de Venus au Pole, du 30 Avril au soir . . . . .	62	28	6
Donc la distance de Venus au Pole, lorsqu'elle passa au Méridien, le 30 Avril, au matin . . . . .	62	29	32
le 1. <sup>er</sup> May, au matin . . . . .	62	26	40
Et par conséquent { le 30 Avril, au matin..	3	21	18
sa hauteur vraie, { le 1. <sup>er</sup> May, au matin..	3	24	10
Hauteurs Méridiennes { le 30 Avril, au matin..	3	35	14
de Venus, observées & corrigées par la Parall. { le 1. <sup>er</sup> May, au matin..	3	38	21
Donc la Réfraction à la haut. de { 3° 35'..	0	13	56
{ 3 38'..	0	14	11



CHAPITRE VII.

*Sur la Longitude de Torneâ.*

I.

NOUS n'avons pû faire d'observations des Satellites de Jupiter; parce que cette Planete, dans les temps où nous l'aurions pû observer, ne s'élevoit point assés sur notre horison, & étoit touûjours plongée dans les vapeurs.

Nous avons donc cherché à déterminer cette longitude par d'autres observations que nous allons donner ici, & par lesquelles on la pourra conclurre, lorsqu'on aura les observations correspondantes, faites dans quelque autre pays dont la longitude soit connuë.

*E'clipses d'E'toiles Fixes, par la Lune.*

*le 12 Décembre 1736, au soir.*

Temps de la Pendule.

11 <sup>h</sup> 15' 4"	<i>Aldebaran</i>	} Passages observés à la lunette mobile sur son axe, dans le plan du Méridien.
11 56 2	<i>Rigel. . . .</i>	
11 46 12½	Occultation de l'Etoile $\mu$ , dans le Lien des Poissons.	

Donc 11 29 58 de temps vrai.

Comme on voyoit rarement le Soleil,

## 150 Observations Astronomiques

qui n'étoit pas élevé d'un degré sur l'horison à midi, on a conclu l'heure par son ascension droite, comparée à celle des Étoiles *Aldebaran & Rigel*.

*Le 12 Janvier 1737, au soir.*

Temps vrai.

6 <sup>h</sup> 4' 30"	Occultation de $\gamma$ , du Taureau.
10 57 58	Occultation de la plus septentrionale des deux Étoiles appellées $\beta$ , du Taureau.

*Le 13 Janvier 1737, au matin.*

3<sup>h</sup> 14' 20" Emerison d'*Aldebaran*.

On a conclu l'heure vraie, par les observations du Soleil au Méridien, faites le 12 & le 13 Janvier.

*Le 11 Mars 1737, au soir.*

Temps vrai.

7<sup>h</sup> 35' 9" Occultation de  $\lambda$ , des Gemeaux.

## II.

### *Eclipse horizontale de Lune.*

*Le 16 Mars 1737, au soir.*

Temps vrai.

Quantité de l'Eclipse.

Temps vrai.	Quantité de l'Eclipse.
6 <sup>h</sup> 23' 55"	5 doigts 0'
25 30	<i>Le Promontoire aigu</i> sort de l'ombre.
28 0	4 56
28 30	l'ombre au bord de <i>Mare humorum</i> .
35 0	4 0
39 30	3 29
40 20	l'ombre au bord de <i>Langrenus</i> .
43 40	<i>Tycho</i> à moitié découvert.
47 0	<i>Mare neclaris</i> , hors de l'ombre.
47 30	2 37
49 15	2 24



$6^h 51' 45''$       2 doigts  $7'$   
 $53' 35''$       1       $56''$   
 $7 \quad 2 \quad 10$  Fin de l'Eclipse, avec une Lunette de 7 pieds.  
 $2 \quad 35$  } Fin de l'Eclipse, avec deux Lunettes cata-  
 $2 \quad 50$  } dioptriques, de 15 pouces.

I I I.

Nous avons encore une observation d'une Eclipsé d'Etoile par la Lune, faite sur une de nos montagnes.

Le 2 Août 1736; au matin, sur Pullingi.

On compara peu de temps avant l'observation, deux excellentes Montres.

$5^h 36' 0'' \frac{1}{2}$  la montre R }  
 $5 \quad 26 \quad 15$  la montre G } differ.  $9' 44'' \frac{1}{2}$   
 à  $5^h 46' 42''$  de la montre R. Immersion d'Aldebaran,  
 sous le disque éclairé de la Lune.

Comparaison des }  
 deux montres. }  $5^h 49' 0''$  R }  
 }  $5 \quad 39 \quad 15$  G } difference . . . . 9 45

Hauteurs du bord supérieur du Soleil à l'Orient, avec le Quart-de-cercle de 2 pieds de rayon.

$R \dots 5^h 59' 14''$  }  
 $G \dots 5 \quad 49 \quad 22$  } .....  $16^\circ 20' 0''$   


---

 $R \dots 6 \quad 4 \quad 16 \frac{1}{2}$  }  
 $G \dots 5 \quad 54 \quad 30 \frac{1}{2}$  } .....  $16 \quad 50 \quad 0''$   


---

 $R \dots 6 \quad 9 \quad 20$  }  
 $G \dots 5 \quad 59 \quad 32$  } .....  $17 \quad 20 \quad 0''$

Hauteurs Méridiennes du bord supérieur du Soleil.

Le 1.<sup>er</sup> Août . . . .  $41^\circ 35' 10''$   
 Le 2 . . . . .  $41 \quad 20 \quad 0''$

Par ces observations, nous avons conclu que l'Immersion d'Aldebaran, s'est faite à  $5^h 45' 0''$  de temps vrai.

On pourra encore se servir, pour déterminer la longitude de Torneâ, des observations du Soleil à l'Équinoxe, (p. 141). Nous l'avons prise dans nos calculs, de  $1^{\text{h}} 23'$  plus orientale que celle de Paris. On la déterminera plus exactement lorsqu'on aura toutes les observations correspondantes à celles-ci, & qu'on les comparera toutes ensemble.

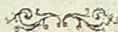
---

## CHAPITRE VIII.

### *Déclinaison de l'Aiguille Aimantée.*

**N**OUS avons observé la déclinaison de l'Aiguille Aimantée, avec une Bouffole de cuivre, d'environ 10 pouces de diamètre, en regardant à travers les pinnules de son Alidade, un objet placé dans la Méridienne, du petit observatoire bâti sur le fleuve: & prenant le milieu de ce que donnoient les observations faites avec quatre Aiguilles différentes, nous avons trouvé que la déclinaison de l'Aiguille Aimantée étoit à Torneâ en 1737, de  $5^{\circ} 5'$  du Nord à l'Ouest.

M. Bilberg l'avoit trouvée en 1695, de  $7^{\circ}$  du même côté.





## OBSERVATIONS

FAITES AU

## CERCLE POLAIRE.

*LIVRE TROISIÈME.*

Mesure de la Pesanteur au Cercle Polaire.

## CHAPITRE PREMIER.

*Sur la Pesanteur en général.*

**Q**UELLE que soit la cause de la Pesanteur, on la peut concevoir comme une force inhérente aux corps, qui les anime, pour ainsi dire, & qui les sollicite à tomber perpendiculairement à la surface de la Terre: & si l'on compare les effets de cette force, lorsqu'elle fait tomber une pierre vers la Terre, à ce qu'il faudroit qu'elle fût pour retenir la Lune dans son orbite; on trouve par le calcul, que la Pesanteur que nous éprouvons ici bas,

s'étend jusques dans la région de la Lune, & qu'elle y regle son mouvement. La Pesanteur faisant non-seulement tomber les corps qui sont à notre portée vers la Terre, mais retenant encore dans son orbite la Lune qui tourne autour, l'analogie conduit à croire que chaque Planete, & le Soleil même, ont aussi leur Pesanteur, capable des mêmes effets. La Terre, & toutes les Planetes sont, par rapport au Soleil, dans le cas où est la Lune par rapport à la Terre: la Pesanteur vers le Soleil les pourra donc retenir dans leurs orbites: & les mouvements des corps célestes s'accordent parfaitement, & sont soumis à cette Pesanteur universelle. Voilà quels sont les effets de la Pesanteur dans les Cieux.

Je serois trop long si je parcourois tout ce qu'elle fait sur la Terre; c'est elle qui y opère presque tous les effets physiques. Tandis que pour la vaincre, on a inventé la plupart des machines, elle est l'agent qui sert à mouvoir les autres.

Si nous ne pouvons pas connoître la cause de la Pesanteur, qui n'est peut-être pas connoissable pour nous, nous en connoissons une propriété bien essentielle:



c'est que cette force est répandue dans tous les corps à raison de leur Masse ; chaque parcelle des corps possède, pour ainsi dire, une partie égale de la cause, quelle qu'elle soit, qui les fait tomber.

Il faut bien distinguer ici la Pesanteur d'un corps d'avec son Poids. La Pesanteur est cette force, conçue comme distincte du corps, qui anime toutes ses parties, & sollicite chacune à tomber : d'où il arrive, que si l'on met à part la résistance que l'air apporte au mouvement des corps qui tombent, le grand corps tombe aussi vite, & ne tombe pas plus vite, que ne feroit la moindre des parties qui le composent, si elle étoit détachée de lui, & si elle tomboit seule de la même hauteur.

La Pesanteur dans un grand corps, n'est pas plus grande que dans un petit. Il n'en est pas ainsi du Poids ; il dépend non-seulement de la Pesanteur, mais encore de la Masse des corps. Le Poids d'un corps est d'autant plus grand, que ce corps est plus grand ; il est le produit de la Pesanteur par la Masse.

Mais la Pesanteur est-elle la même par toute la Terre ? Fera-t-elle par-tout tomber les corps de la même hauteur dans

le même temps? On voit avec la moindre attention, que le moyen de s'en assurer n'est pas d'en vouloir juger par le Poids d'un même corps, pesé dans différents païs. Si la Pesanteur est plus grande ou plus petite dans le païs où on le transporte, elle affectera les autres corps, contre lesquels on peseroit celui-là, comme celui-là même: & un corps qui pesoit à Paris une livre, paroîtra par-tout peser une livre.

Mais un Pendule qui oscille librement, soit attaché à un fil, soit à une verge inflexible, oscille avec une certaine vitesse, qui dépend de la longueur du Pendule, & de la force de la Pesanteur. Et si l'on éprouve un tel Pendule, en lui conservant exactement la même longueur dans différents païs, il ne pourra plus arriver de différence dans la vitesse de ses Oscillations, que de la part de la Pesanteur: car les différences qui se peuvent trouver dans les densités & les élasticités de l'air, n'apportent pas ici d'effet sensible; sur-tout si les températures de l'air sont les mêmes dans les païs où l'on fait ces expériences, comme on le peut connoître assez exactement avec le Thermometre. Si la



Pesanteur, dans le païs où l'on aura transporté le Pendule, est plus grande, ses Oscillations seront plus promptes; si la Pesanteur est moindre, elles deviendront plus lentes. C'est ce dernier Phénomene qui fut d'abord observé à la Cayenne par M. Richer; & c'est une des plus belles découvertes de la Physique moderne. La Pesanteur fut trouvée plus petite à la Cayenne qu'à Paris; & l'on trouva aussi-tôt une cause fort vraisemblable de ce Phénomene.

Tout corps qui circule, fait un effort continuel pour s'écarter du centre de son mouvement: cet effort vient de la force qu'à la matière, pour persévérer dans l'état où elle se trouve une fois, de repos ou de mouvement; & un corps qui décrit un cercle, décrit à chaque instant une petite ligne droite, qui fait partie de sa circonférence. Ce corps à chaque instant fait donc effort pour continuer à se mouvoir dans la direction de cette petite ligne; & c'est de cet effort que naît la Force centrifuge.

Si la Terre tourne autour de son axe, chacune de ses parties fait donc effort pour s'écarter du centre de son mouvement; & cet effort est d'autant plus grand, que le

cercle qu'elle décrit est plus grand; que cette partie est plus proche de l'Équateur. Or, cet effort tendant à éloigner les corps, de la Terre, est opposé à la Pesanteur qui tend à les en approcher: il diminuë donc une partie de la Pesanteur; & une partie d'autant plus grande, que les lieux sont plus près de l'Équateur. Si donc la Pesanteur primitive, que j'appellerai *Gravité*, pour la distinguer de la Pesanteur diminuée par la Force centrifuge; si, dis-je, la Gravité étoit d'abord la même par-tout, la Pesanteur actuelle du corps, se trouvera plus petite vers l'Équateur, & ira en augmentant vers les Poles, où enfin elle ne reçoit plus de diminution de la Force centrifuge; parce que les Poles ne participent point au mouvement de la Terre autour de son axe.

Cette théorie de la Pesanteur est très-vraisemblable; & elle a été confirmée par toutes les expériences qu'on a faites vers l'Équateur.

Cependant on peut dire que lorsque nous sommes partis, l'on n'étoit peut-être pas absolument sûr que la Pesanteur observât par-tout une diminution régulière en allant vers l'Équateur; quoique



toutes les observations qu'on a faites dans l'Amérique, donnaissent une diminution. Comme on ne connoît point la cause physique de la Pesanteur, on pouvoit douter si cette diminution qu'on y a observée, venoit de ce que la Force centrifuge fait perdre à la Gravité, ou, si cette diminution auroit quelque cause particulière, combinée avec la Force centrifuge: si la Gravité primitive n'auroit pas elle-même des variations réglées, ou peut-être même des irrégularités. Quelques expériences faites par d'habiles observateurs, pouvoient confirmer dans cette pensée. M. Picard ne trouva pas en Danemark le Pendule qui battoit les secondes, plus long qu'à Paris, comme il devoit l'être, & même il ne le trouva pas plus long qu'à l'extrémité de la France la plus méridionale. En un mot, on n'avoit conclu jusqu'ici la diminution de la Pesanteur vers l'Équateur, que par des expériences faites vers l'Équateur à la vérité, mais toutes dans des lieux trop peu éloignés les uns des autres, pour pouvoir s'assûrer que par toute la Terre, la Pesanteur va diminuant du Pole vers l'Équateur.

Il seroit peut-être à souhaiter qu'on fit

des expériences, pour s'assurer si la Pesanteur dans les Indes Orientales aux mêmes degrés de latitude que Cayenne, S.<sup>t</sup> Domingue, & la Jamaïque, reçoit les mêmes diminutions qu'on a éprouvées dans l'Amérique. Mais rien ne pouvoit être plus utile pour la décision d'une question si importante, & pour la Physique en général, que d'aller observer la Pesanteur dans les pays les plus septentrionaux; sur-tout après les soupçons que les expériences de M. Picard en Danemark, pouvoient jeter sur cette matière.

Qu'on se souvienne de la différence que j'ai mise entre la Gravité & la Pesanteur; la Gravité est cette force telle qu'elle feroit tomber les corps vers la Terre, si la Terre étoit en repos; la Pesanteur est cette même force, mais affoiblie par la Force centrifuge, qui vient du mouvement de la Terre: ce n'est que cette force, déjà diminuée, & confonduë avec la Force centrifuge, que nous pouvons mesurer par nos expériences. Mais si nous la connoissons bien, nous pourrons parvenir à démêler en elle ce qui appartient à la Gravité, & ce qu'en a retranché la Force centrifuge.

On n'a recherché jusqu'ici les différentes  
Pesanteurs



Pesanteurs en différents lieux, que pour déterminer la figure de la Terre, par l'équilibre de ses parties. Mais cette détermination n'est qu'un des moindres objets de la théorie de la Gravité.

Si la Gravité primitive étoit bien connue, elle détermineroit non-seulement la figure de la Terre, mais elle démontreroit encore le mouvement de la Terre autour de son axe.

Si au contraire on part du mouvement de la Terre autour de son axe, comme d'un fait dont je ne crois pas qu'aucun Philosophe doute aujourd'hui; & qu'on connoisse d'ailleurs la figure de la Terre, les différentes Pesanteurs nous feront connoître quelle est dans chaque lieu la Gravité primitive.

On pourra découvrir, si, malgré les différences qu'on aura observées dans la Pesanteur, la Gravité primitive est par-tout la même, & tend vers un centre, comme le supposoit M. Huygens, ou si elle est différente en différents lieux, & dépendante de l'Attraction mutuelle des parties de la matière, comme le prétend M. Newton; si elle varie suivant quelqu'autre loy; & vers quels points elle tend. Enfin, la

connoissance de la Gravité vers la Terre, pourra conduire à la Gravité universelle, qui est le principal Agent de toute la machine du Monde.

---

## C H A P I T R E II.

### *Expériences faites à Pello sur la Pesanteur.*

#### I.

**N**OUS voulions faire nos expériences sur la Pesanteur, le plus près du Pole qu'il nous étoit possible; nous les fîmes à Pello, dont la Latitude est de  $66^{\circ} 48'$ .

Ces expériences, qui ne sont pas difficiles ailleurs, avoient dans ce pays de grandes difficultés: & sans le soin qu'il faut apporter à les vaincre, on trouveroit bien du mécompte dans cette matière. Le grand nombre d'expériences que nous avons faites, & le grand nombre d'instruments dont nous nous sommes servis, nous ont appris combien il faut être attentif aux moindres circonstances; & ceux (s'il y en a jamais) qui entreprendront de telles expériences, dans des pays si rudes, sentiront toute la nécessité



des précautions que nous avons prises, & du détail que nous en donnons.

Ce sont les difficultés qu'on trouve dans ces expériences, qui ont empêché M. de la Croyere de faire les siennes à Kola & à Kilduin, & qui le déterminèrent à renoncer à l'avantage de les faire dans ces pays, pour les faire à Archangel, qui est plus éloigné du Pole. Pour nous, que le grand nombre, & tous les secours imaginables, mettoient à portée de vaincre bien des obstacles, nous voulûmes mesurer la Pesanteur dans la Zone glacée.

Et c'est un avantage des expériences que nous allons donner, d'avoir été faites plus près du Pole qu'on n'en avoit jamais fait, sans que la rigueur du pays, ni les autres difficultés leur aient rien fait perdre de la précision que demande une matière si importante.

I I.

L'instrument dont nous nous sommes servis pour connoître la différence de la Pesanteur entre Pello & Paris, est une Pendule d'une construction particulière, dont M. Graham est l'auteur, & qui est destinée pour ces sortes d'expériences.

Le Pendule est composé d'une pesante Lentille qui tient à une Verge platte de cuivre. Cette Verge est terminée en enhaut par une piece d'acier qui lui est perpendiculaire, & dont les extrémités sont deux Couteaux, qui, au lieu d'être reçûs entre deux plans inclinés, ou entre des cylindres, portent sur deux tablettes planes d'acier, qui sont toutes deux dans le même plan horizontal. On est assuré de la situation de ce plan, lorsqu'une pointe, qui fait l'extrémité de la Verge du Pendule, répond au point o d'un Limbe, dans le plan duquel elle doit se trouver; & ce Limbe sert à mesurer les arcs que décrit le Pendule.

Tout l'instrument est renfermé dans une boîte très-solide. Et lorsqu'on le transporte, on élève avec une vis, par le moyen d'un chassis mobile, le Pendule, de manière que le tranchant des Couteaux ne porte plus sur rien, & soit tout en l'air; quoique la piece d'acier qui forme les Couteaux se trouve appuyée au défaut de leur tranchant. On attache au dedans de la boîte une piece de bois creusée pour recevoir la Lentille, & cette piece, après que la Lentille y a été mise, est recouverte d'une autre; de manière



que la Lentille ni la Verge ne peuvent avoir aucun mouvement. La seule liberté qu'ait la Verge du Pendule, c'est de s'allonger ou de s'accourcir, selon que le chaud ou le froid l'exige : rien ne la gêne à cet égard.

La Lentille a 6 pouces  $10\frac{3}{4}$  lignes de diamètre, & 2 pouces  $2\frac{3}{4}$  lignes d'épaisseur au centre. Le Poids qui fait mouvoir l'instrument est de 11 liv.  $14\frac{1}{2}$  onces, & ne se remonte qu'au bout d'un mois. Enfin on a attaché au dedans de la boîte un Thermometre de Mercure, dans lequel le terme de l'eau bouillante est marqué 0, & les nombres croissent comme les degrés de froid. M. Graham, en nous envoyant cet instrument, y joignit un mémoire des expériences qu'il avoit faites à Londres avec. Ce mémoire porte que lorsque le Thermometre étoit à 138, la Pendule accéléroit sur le temps moyen de 4' 4" par jour. Que lorsque le Thermometre étoit à 127, la Pendule accéléroit de 3' 58"; qu'ainsi une différence de 11 degrés dans le Thermometre produisoit une différence de 6" dans la marche de la Pendule.

Avec le Poids ordinaire, le Pendule décrivait des arcs de  $4^{\circ} 20'$ ; avec la moitié

de ce Poids il décrivait des arcs de  $3^{\circ} 0'$ , & ces grandes différences dans les Poids & les arcs, n'ont causé dans la marche de la Pendule qu'une différence de  $3\frac{1}{2}''$  ou  $4''$  par jour, dont elle alloit plus vite en décrivant les petits arcs.

On voit par-là combien cette Pendule est peu sensible aux petites différences dans le Poids, dans les arcs, & par conséquent dans la ténacité de l'huile: & combien on peut compter que son Accélération d'un lieu dans un autre, ne vient que de l'augmentation de la Pesanteur, ou du froid qui raccourcit la verge du Pendule.

### I I I.

Pello est un village Finnois, qu'en remontant le fleuve de Torneå l'on trouve sur ses rives, dans une situation assez agréable. L'art de la maçonnerie y est absolument inconnu: on n'y voit que quelques cabanes de bois, dans lesquelles nous avons logé; mais qui n'avoient point la solidité qu'il falloit qu'elles eussent pour nos expériences, dans lesquelles nous avions besoin d'appuis inébranlables.

Nous avons fait bâtir sur la fin de l'été, dans une des chambres que nous occupions,



un gros pilier de pierre rectangle, large de 6 pieds sur une de ses faces, & de 3 pieds sur l'autre. On y avoit scellé différentes pieces de fer, pour fixer des lunettes & des Pendules. Ce mur avoit eu le temps de secher, & d'assûrer sa situation. On y fixa une Lunette dirigée vers *Regulus*, fort près de son passage au Méridien : & ayant placé la Pendule avec toutes les précautions nécessaires,

*Regulus passa au fil vertical du foyer de la Lunette.*

1737.

Le 3 Avril à 8<sup>h</sup> 35' 13<sup>1</sup>/<sub>4</sub>" de la Pendule.

Le 4 Avril à 8<sup>h</sup> 36' 14".

Le 5 Avril à 8<sup>h</sup> 37' 8".

Par ces observations, la Pendule du 3 au 4, accéléroit sur la révolution des Fixes, de 1' <sup>3</sup>/<sub>4</sub>".

Et du 4 au 5, la Pendule accéléroit de 54".

I V.

Nous vîmes que cette inégalité dans la marche de la Pendule, venoit des différents degrés de froid & de chaud. Et que quoique la chambre où se faisoient les observations

fût aussi-bien close qu'il étoit possible dans ce pays, les différentes températures apporteroient à nos expériences un trouble qui leur ôteroit toute exactitude. On résolut de conserver toujours la Pendule dans la même température. C'étoit une chose fort difficile, à cause du froid qu'il faisoit, & des changements extrêmes qui arrivoient d'une heure à l'autre à la température de dehors : il falloit jour & nuit avoir l'œil sur les Thermometres, pour augmenter le feu, ou faire entrer l'air extérieur dans la chambre. On y apporta cependant tant d'attention, qu'on parvint à conserver toujours la même température. Et la preuve la plus parfaite qu'elle s'étoit bien conservée, c'est la marche de la Pendule dans les expériences suivantes ; car elle auroit rendu sensible la moindre négligence. Nous parvînmes à la faire aller d'un mouvement aussi égal qu'on puisse exiger des meilleures Pendules, dans les climats les plus tempérés.

## V.

On commença le 6 à regler le feu dans la chambre des expériences, par le moyen de deux Thermometres de Mercure, dont on s'est servi dans ces expériences, tant au



Cercle Polaire qu'à Paris : l'un de la construction de M. l'Abbé Nolet, d'après les degrés déterminés par M. de Reaumur, l'autre de M. Prins. Ces Thermometres sont gradués différemment. Dans celui de M. l'Abbé Nolet, le terme de la congélation est marqué 0 : dans celui de M. Prins, ce même terme est marqué 32. Dans l'un & dans l'autre, les nombres croissent comme les degrés de chaleur ; & un degré de celui de M. l'Abbé Nolet en vaut à très-peu près deux de celui de M. Prins. Ces Thermometres étoient placés à côté & à la hauteur du milieu de la Verge du Pendule ; & furent toujours tenus, celui de M. l'Abbé Nolet entre 14 & 15 degrés, & celui de M. Prins entre 60 & 62, pendant les cinq jours & les cinq nuits que durèrent ces expériences.

Il étoit très-important dans ces expériences, non seulement que les Thermometres fussent à la même distance du feu que le Pendule, mais encore qu'ils fussent à la même hauteur ; car placés un peu plus bas, à la même distance du feu, le Mercure baïssoit considérablement.

Les différences que la température peut causer dans la longueur du Pendule, sont

170 *Mesure de la Pesanteur*

si considérables par rapport à celles qu'y cause l'augmentation de la Pesanteur, que si l'on n'apporte pas le plus grand soin à connoître & déterminer la température dans laquelle se font ces expériences, on n'aura jamais rien sur quoi l'on puisse compter.

Le Pendule décrit toujours des arcs de  $4^{\circ} 10'$ , c'est-à-dire, fit ses Oscillations de  $2^{\circ} 5'$  de chaque côté du Limbe qui les mesure.

Voici les observations depuis qu'on eut réglé la température.

*Regulus passa au fil de la Lunette,*

1737.

Le 6 Avril à 8 <sup>h</sup>	38'	1"	de la Pendule,
7 Avril à 8	38	$54\frac{1}{4}$	
8 Avril à 8	39	$48\frac{1}{2}$	
9 Avril à 8	40	42	
10 Avril à 8	41	35.	

On voit par ces observations que du 6 au 10, la Pendule avoit accéléré de  $3' 34''$ ; ce qui donne pour son Accélération sur chaque révolution des Fixes,  $53'',5$ .



CHAPITRE III.

*Observations faites à Paris, avec le même Instrument.*

LA même température qu'on avoit eüe à Pello, étant entretenuë jour & nuit à Paris, par le moyen des deux mêmes Thermometres, dont on s'étoit servi à Pello, & placés, comme ils y étoient; les Oscillations du Pendule étoient de 2° 10' de chaque côté.

*Sirius passa au fil de la Lunette,*

1738.

Le 28 Février à 8 <sup>h</sup> 45' 40"	de la Pendule
3 Mars. . . . . 8 45 24	
4 . . . . . 8 45 19	
9 . . . . . 8 44 49	
10 . . . . . 8 44 43	
11 . . . . . 8 44 38	
12 . . . . . 8 44 32 $\frac{1}{2}$	
13 . . . . . 8 44 27 $\frac{1}{2}$	

Donc pendant 13 révolutions des Fixes, la Pendule avoit retardé sur leur mouvement de 1' 12",5; ce qui donne sur chaque révolution, 5",6,

## C H A P I T R E I V.

*Accélérations de la Pendule.*

## I.

*Accélération de la Pendule, de Paris à Pello.*

Nous avons vû, (*page 170.*) qu'à Pello pendant une révolution des Fixes, la Pendule accéléroit sur leur mouvement, de 53",5.  
 A Paris, (*p. 171.*) elle retardoit de 5",6.  
 Donc de Paris à Pello, pendant une révolution des Fixes, la Pendule accélère de . . . . . 59",1

## I I.

*Accélération de la Pendule, de Paris à Londres.*

M. Graham, sur les expériences de qui nous comptons, autant que sur les nôtres, avoit observé à Londres, que le Thermometre qui est attaché dans la boîte de la Pendule, marquant 127, la Pendule accéléroit sur le temps moyen de 3' 58" par jour; ou de 2",1 sur une révolution des Fixes. Or, le degré 127 du Thermometre de la Pendule, répondant aux degrés  $14\frac{1}{2}$  & 61,



de ceux par lesquels nous avons réglé la température, tant à Pello qu'à Paris ; les expériences à Londres & à Paris, ont été faites à la même température. Et les oscillations étoient à Paris, comme à Londres, de  $2^{\circ} 10'$  de chaque côté. La Pendule donc ayant accéléré à Londres sur la révolution des Fixes, de . . . . .  $2'',1$  ; & retardé à Paris de . . . . .  $5'',6$  ; on a son Accélération de Paris à Londres, sur une révolution des Fixes, de . . . . .  $7'',7$ .

---

## CHAPITRE V.

*Expériences faites avec d'autres Instruments.*

NOUS avons encore un autre instrument excellent pour ces sortes d'expériences ; c'étoit une Pendule de M. Julien le Roy, dont l'exactitude nous a paru merveilleuse dans toutes les observations que nous avons faites avec.

Comme le pays où nous étions est tout de Fer & d'Aimant, nous craignîmes les effets de quelque Magnétisme dans les

observations que nous voulions faire avec cette Pendule, dont la Verge étoit d'acier: & nous voulûmes encore faire des expériences sur des Pendules de différentes Pesanteurs spécifiques. M. Camus, qui joint à ses autres connoissances, une connoissance singulière de tous les arts, suppléa seul à tout ce qui manquoit dans un pays où l'on ne connoît guères d'autres arts que la pêche & la chasse. Il fit fondre des métaux, il en forma au Tour, cinq Globes fort parfaits, dont chacun avoit 2 pouces  $4\frac{1}{2}$  lignes de diametre, & de cinq métaux différents. Ces Globes étoient traversés chacun d'une Verge de cuivre, qui s'attachoit facilement au bout d'une autre Verge de même métal, qu'il avoit mise à la Pendule.

Ce fut dans le temps des expériences les plus exactes, que nous fîmes à Pello les 6, 7, 8, 9 & 10 d'Avril; lorsqu'on tenoit la température jour & nuit la même, que nous comparâmes à la Pendule de M. Graham la Pendule de M. le Roy. On la fit aller pendant 12 heures avec chacun des cinq Globes, en chargeant le Poids qui la faisoit mouvoir, de la quantité de balles de plomb nécessaire pour que les Oscillations



fussent toujours de  $3^{\circ} 55'$  de chaque côté, circonstance qu'on a aussi observée à Paris.

Voici les marches de la Pendule, avec les cinq différents Globes, tant à Pello qu'à Paris, exposée à la même température.

*Pendant 12<sup>h</sup> 0' 0" de la Pendule de M. Graham.*

	à Pello.	à Paris.
Le globe de Plomb perdoit . . .	9' 14 $\frac{2}{3}$ . . . . .	9' 14"
Le globe d'Argent perdoit . . .	8 42 . . . . .	8 44
Le globe de Fer perdoit . . . . .	5 29 . . . . .	5 29 $\frac{1}{2}$
Le globe d'Étain perdoit . . . .	6 6 . . . . .	6 8
Le globe de Cuivre perdoit . . .	6 48 . . . . .	6 50

Quoique trois de ces Globes donnent une différence de 2" dans l'Accélération de Pello ici, cette différence n'est pas considérable; & il est fort vraisemblable qu'elle est causée par la manière dont les Verges des Globes s'ajustoient à la Pendule. Pour peu que ces Verges n'appliquassent pas précisément la même partie sur la même partie de celle qui étoit commune pour les cinq, les longueurs devoient être un peu différentes; mais quelle différence que celle qu'il faut pour causer ces 2"? Cependant ce sera toujours une petite source d'erreur dans les expériences qu'on fera avec les Pendules, dont on ôte la Verge, lorsqu'on les transporte,

On voit par-là combien les bonnes Pendules sont propres à faire connoître l'augmentation ou la diminution de la Pesanteur. Et c'est une chose qu'on auroit peut-être eu peine à croire, si l'on n'en avoit pas fait l'expérience, que le peu de différence qu'apportent à ces expériences, des constructions aussi différentes que celle de la Pendule de M. Graham, & celle de la Pendule de M. le Roy : dans celle-ci, la Verge du Pendule est attachée par deux Ressorts, desquels on pouvoit craindre les différentes élasticités ; les Globes différoient extrêmement de la Lentille de M. Graham, tant par leur poids que par leur figure ; enfin, l'arc que ces Globes décrivoient, étoit presque double de l'arc que décrivoit le Pendule de M. Graham.

Nous ne parlerons point ici de quelques autres expériences, qui donneroient l'augmentation de la Pesanteur plus grande à Pello que nous ne l'avons trouvée avec la Pendule de M. Graham, & celle de M. le Roy ; parce que les instruments dont nous nous y sommes servis, étoient trop inférieurs à ces Pendules, pour devoir entrer en comparaison.



## CHAPITRE VI.

*Réflexions sur les augmentations de la Pesanteur.*

## I.

*Comparaison de l'augmentation de la Pesanteur de Paris à Pello, avec celle qui résulte de la Table de M. Newton.*

L'ACCÉLÉRATION que nous avons trouvée de Paris à Pello, est plus grande de 6",8 que celle qui résulte de la Table que M. Newton a donnée (*lib. 3. Phil. nat. Princip. Mathem.*) & suppose, suivant sa théorie, la Terre plus aplatie qu'il ne l'a faite.

## I I.

*Comparaison de l'augmentation de la Pesanteur de Paris à Pello, avec celle qui résulte des Expériences faites à la Jamaïque.*

Par les expériences de M. Campbell, faites à la Jamaïque, avec une Pendule de M. Graham, M. Bradley a formé une autre Table (*Phil. Trans. num. 432.*) d'après ce principe, employé par M.<sup>rs</sup> Newton & Huygens, que la Pesanteur croît de l'Équateur au Pole, comme le quarré des sinus

M

de Latitude : & l'Accélération de Paris à Pello, qui résulte de cette Table, surpasse de 4",5 celle que nous avons trouvée.

## I I I.

*Comparaison des augmentations de la Pesanteur avec celle qui résulte de la Théorie de M. Huygens.*

Enfin, toutes les expériences que les Académiciens envoyés par le Roy au Pérou, ont faites, tant à S.<sup>t</sup> Domingue qu'à l'Équateur, s'accordent avec les nôtres à donner l'augmentation de la Pesanteur vers le Pole, plus grande que celle qui se trouve dans la Table de M. Newton : & par conséquent la Terre, selon sa théorie, plus aplatie qu'il ne l'a faite. Toutes ces expériences s'écartent tant de la théorie de M. Huygens, (*Discours de la cause de la Pesant.*) selon laquelle cette augmentation devoit être encore moindre, qu'on ne peut pas douter que cette théorie ne s'écarte elle-même de la vérité.

## I V.

*Comparaison de l'augmentation de la Pesanteur de Paris à Pello, avec l'augmentation de Paris à Londres.*

L'Accélération de Paris à Pello, de 59",1



supposé de Paris à Londres, une Accélération de 9",8; & nous la trouvons de 7",7. Nous laissons à juger si cette différence est réelle, ou si elle a échappé à la précision de nos expériences: & dans ce dernier cas, quelle justesse donneroit encore un instrument qui, apporté de Londres à Pello, de Pello à Paris, & éprouvé à Londres, à Pello & à Paris, s'accorde ainsi avec lui-même.

V.

*Comparaison de la Pesanteur à Paris, avec la Pesanteur à Pello.*

Le rapport de la Pesanteur à Paris, à la Pesanteur à Pello, est celui du carré du nombre des Oscillations du Pendule à Paris, pendant une révolution des Fixes, au carré du nombre des Oscillations à Pello dans le même temps; c'est-à-dire, le rapport de 10000 à 10014.

VI.

*Longueur du Pendule qui bat les secondes à Pello.*

Enfin, si l'on veut avoir la longueur du Pendule qui bat les secondes à Pello, il n'y a qu'à comparer les carrés des

nombres des Oscillations faites en temps égal à Pello & à Paris, avec la longueur du Pendule à Pello, & celle du Pendule à Paris, où M. de Mairan l'a déterminée de 440,57 lignes par un si grand nombre d'expériences, & d'expériences faites avec tant de soin, qu'on est sûr que cette longueur est fort exacte. On trouvera par-là que la longueur du Pendule, qui bat les secondes à Pello, est de 441,17 lignes.

Voici une Table, que nous avons calculée d'après l'augmentation de la Pesanteur que nous avons trouvée entre Paris & Pello, & d'après le principe, que les augmentations de la Pesanteur, de l'Équateur vers le Pôle, suivent à fort peu près la proportion du carré des sinus de latitude. On y trouvera les augmentations de la Pesanteur exprimées de deux manières: par l'Accélération de la Pendule sur une révolution des Fixes; & par l'Allongement du Pendule qui bat les secondes, depuis l'Équateur jusqu'au Pôle.



T A B L E  
DES ACCÉLÉRATIONS DE LA PENDULE;  
ET DES ALLONGEMENTS DU PENDULE;  
*depuis l'Equateur jusqu'au Pole.*

LATITUDE du LIEU.	ACCÉLÉRATION de la Pendule pendant une révolu- tion des Fixes.	Parties de Ligne, & Lignes d'Allongement du Pendule.
0°	0"	0
5	1,6	0,016
10	6,4	0,065
15	14,3	0,145
20	24,9	0,254
25	38,1	0,387
30	53,3	0,542
35	70,2	0,713
40	88,1	0,896
45	106,6	1,084
50	125,1	1,273
55	143,1	1,455
60	159,9	1,626
65	175,1	1,781
70	188,3	1,915
75	198,9	2,023
80	206,8	2,103
85	211,6	2,152
90	213,2	2,169

## CHAPITRE VII.

*Manière de trouver la Direction de la Gravité.*

## PROBLEME.

*LA Figure de la Terre étant connue, & le rapport de la Pesanteur sous l'E'quateur, à la Pesanteur sous une Latitude donnée étant connu, trouver l'angle que forme la direction de la Pesanteur actuelle, avec la direction de la Gravité primitive, ou le point de l'axe de la Terre, vers lequel tend la Gravité ?*

Fig. 18.

Soit le Sphéroïde  $APap$ , qui représente la Terre, dont  $Pp$  est l'Axe, &  $Aa$  le diamètre de l'E'quateur. Soit sous l'E'quateur, c'est-à-dire en  $A$ , la Gravité représentée par  $AG$ , & la Force centrifuge représentée par  $AQ$ , la Pesanteur y sera représentée par  $AH$ , après qu'on aura retranché  $HG = AQ$  de  $AG$ .

Soit dans quelqu'autre lieu  $D$  de la Terre, la Pesanteur représentée par  $DT$ . Par les Loix de l'Hydrostatique, la direction de la Pesanteur devant être par-tout perpendiculaire à la surface de la Terre,  $DT$  sera



perpendiculaire à la Tangente du Sphéroïde en  $D$ .

Si l'on prend sur  $FD$  prolongé,  $DZ = \frac{DF \times AQ}{AC}$ ,  $DZ$  représentera la Force centrifuge en  $D$ , & sa direction sera suivant  $DZ$ .

Ayant donc tiré du point  $T$ , les lignes  $TN$  &  $TS$ , parallèles & perpendiculaires à l'axe, & formé le rectangle  $DNTS$ , la Pesanteur est décomposée en deux forces, l'une qui agit suivant  $DS$ , qui n'a reçu aucune altération par la Force centrifuge, l'autre qui agit suivant  $DF$ , qui a été diminuée par cette Force.

La Force centrifuge a retranché de cette dernière force, la quantité  $DZ = \frac{DF \times AQ}{AC}$ , qu'il faut r'ajouter à la force suivant  $DF$ , pour avoir la force entière de la Gravité suivant  $DF$ . Faisant donc  $NV = DZ$ , & tirant par  $V$ , la ligne  $VO$ , parallèle à l'axe, les lignes  $VO$ ,  $SO$ , représentent les forces qui résultent de la Gravité: leur diagonale  $DO$ , représente cette Gravité elle-même; & le petit angle  $ODT$  est celui que forme la direction de la Pesanteur, avec la direction de la Gravité.

Fig. 18.

La Force centrifuge sous l'Équateur étant la 288.<sup>e</sup> partie de la Pesanteur, on a  $AQ$

$$= \frac{1}{288} AH; \text{ \& } DZ = \frac{DF \times AH}{288 AC} = TO.$$

Ayant tiré d'un point infiniment proche de  $D$ , la ligne  $dM$ , parallèle à  $DE$ , & du point  $T$ , la ligne  $Tt$ , perpendiculaire sur  $DO$ , l'on a, à cause des triangles semblables,  $Dd$

$$: Md :: TO : Tt, \text{ ou } Dd : Md :: \frac{DF \times AH}{288 \times AC}$$

:  $Tt = \frac{Md \times DF \times AH}{288 \times Dd \times AC}$ , c'est le sinus de l'angle  $TDO$ , dont le rayon est  $DT$ .

On a donc cet angle

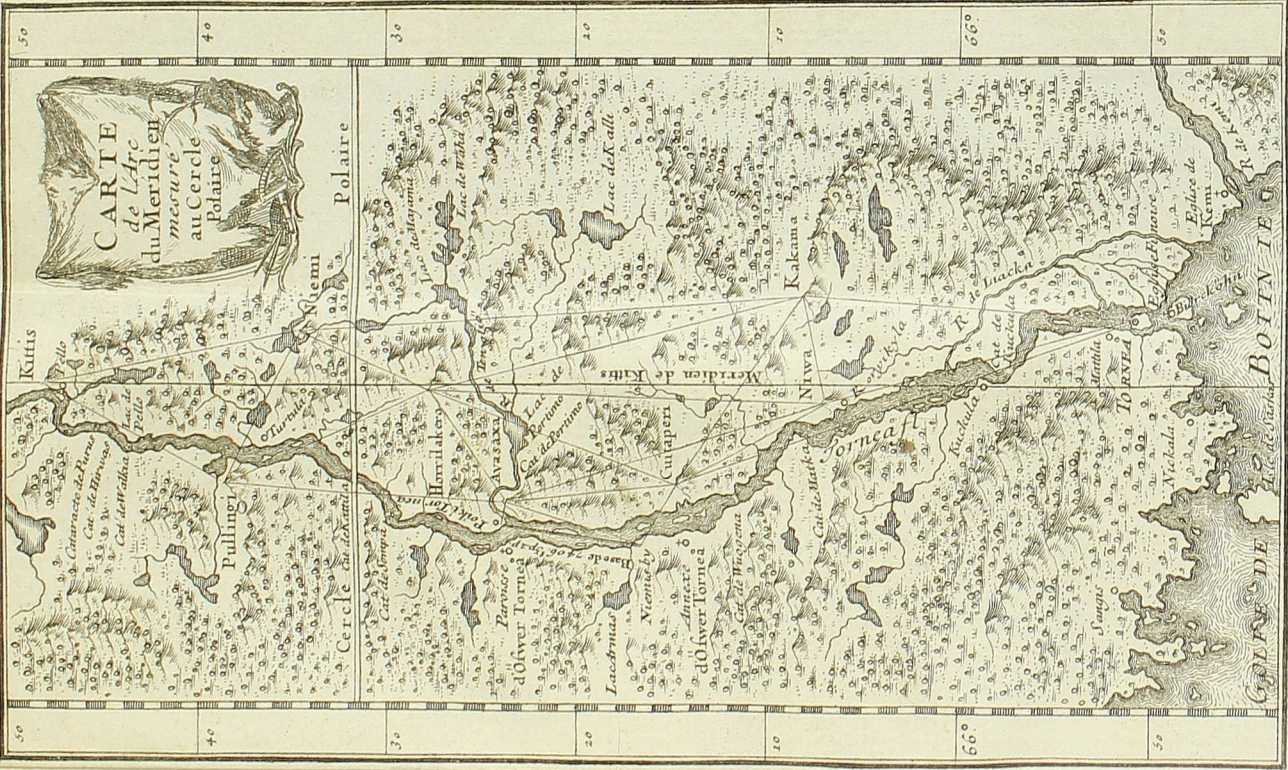
$$\frac{Tt}{DT} = \frac{Md \times DF \times AH}{288 \times Dd \times AC \times DT}.$$

Cette formule contenant l'angle des deux directions, de la Pesanteur & de la Gravité; la Latitude du lieu qui est exprimée par  $\frac{Md}{Dd}$ ; le rayon de l'Équateur, & le rayon du Cercle parallèle, sous lequel se font les expériences; & le rapport de la Pesanteur du lieu, à la Pesanteur sous l'Équateur; il est facile d'en tirer plusieurs Théoremes, selon qu'on voudra supposer données les unes ou les autres de ces choses.

*F I N.*

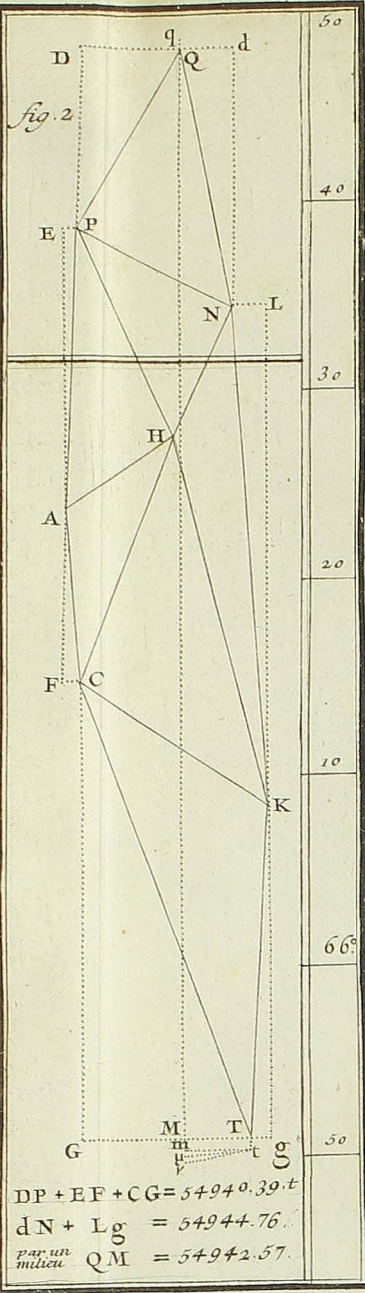
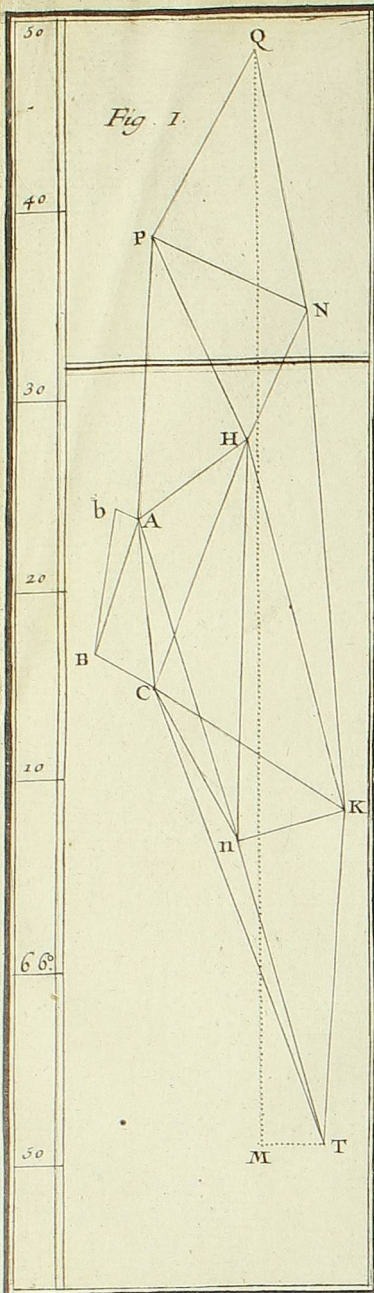












$DP + EF + CG = 54940.39.t$   
 $dN + Lg = 54944.76$   
*par un milieu*  $QM = 54942.57$





Fig. 3.

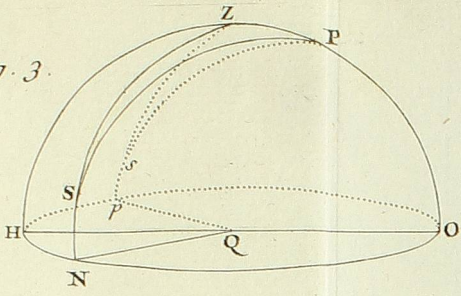


Fig. 4.

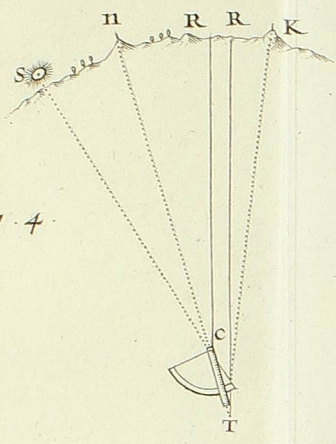
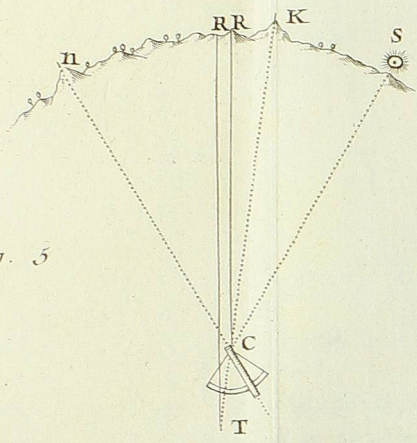
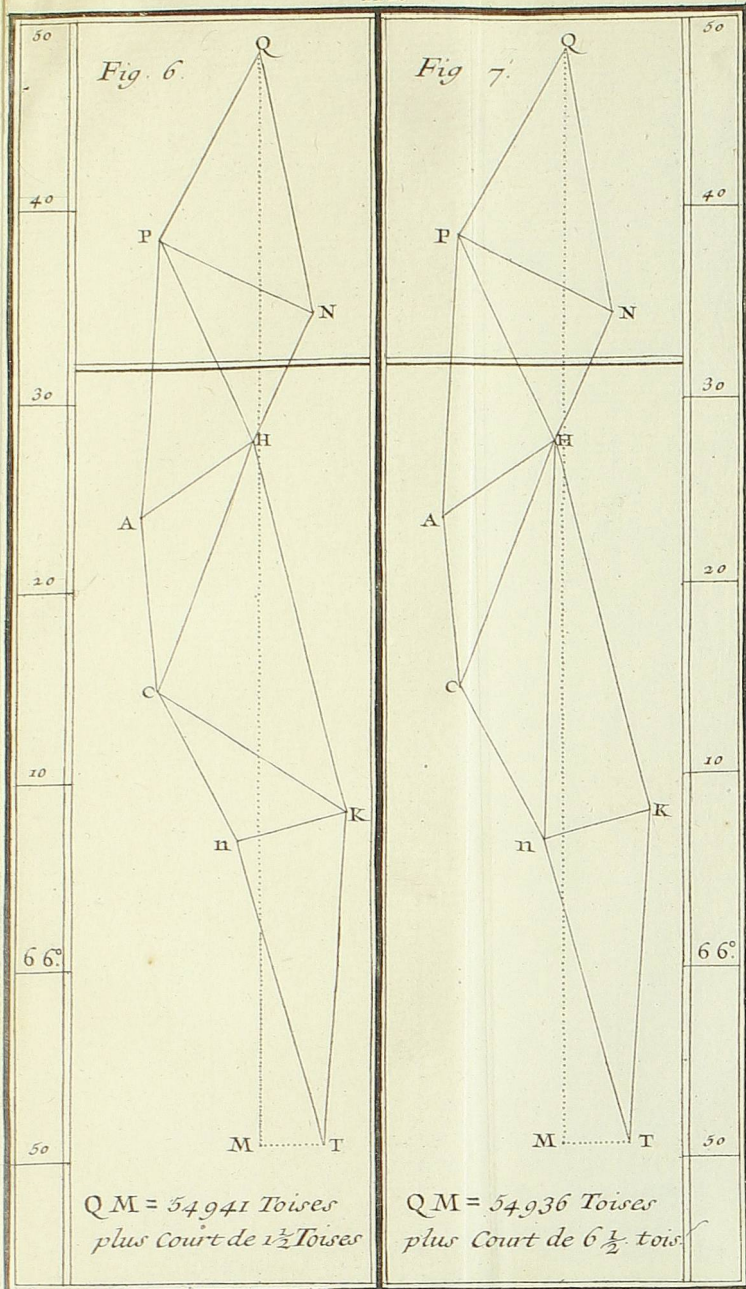


Fig. 5.



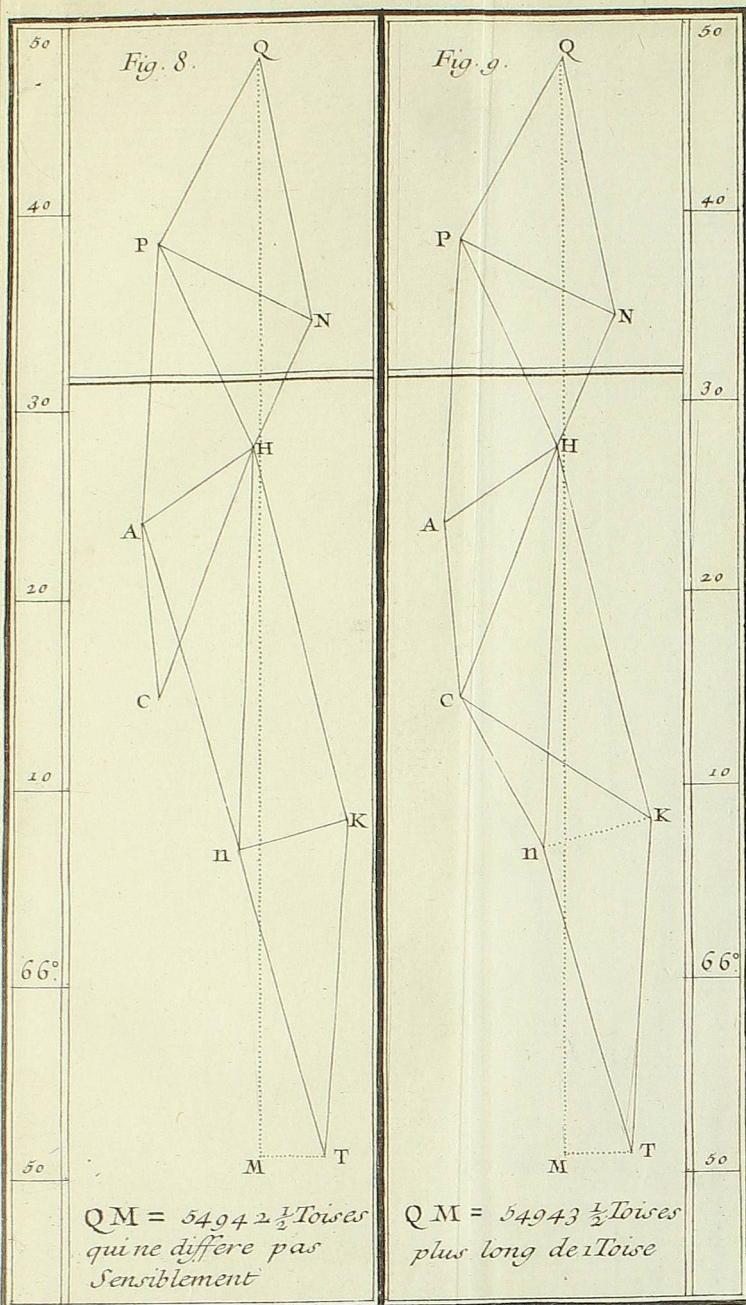






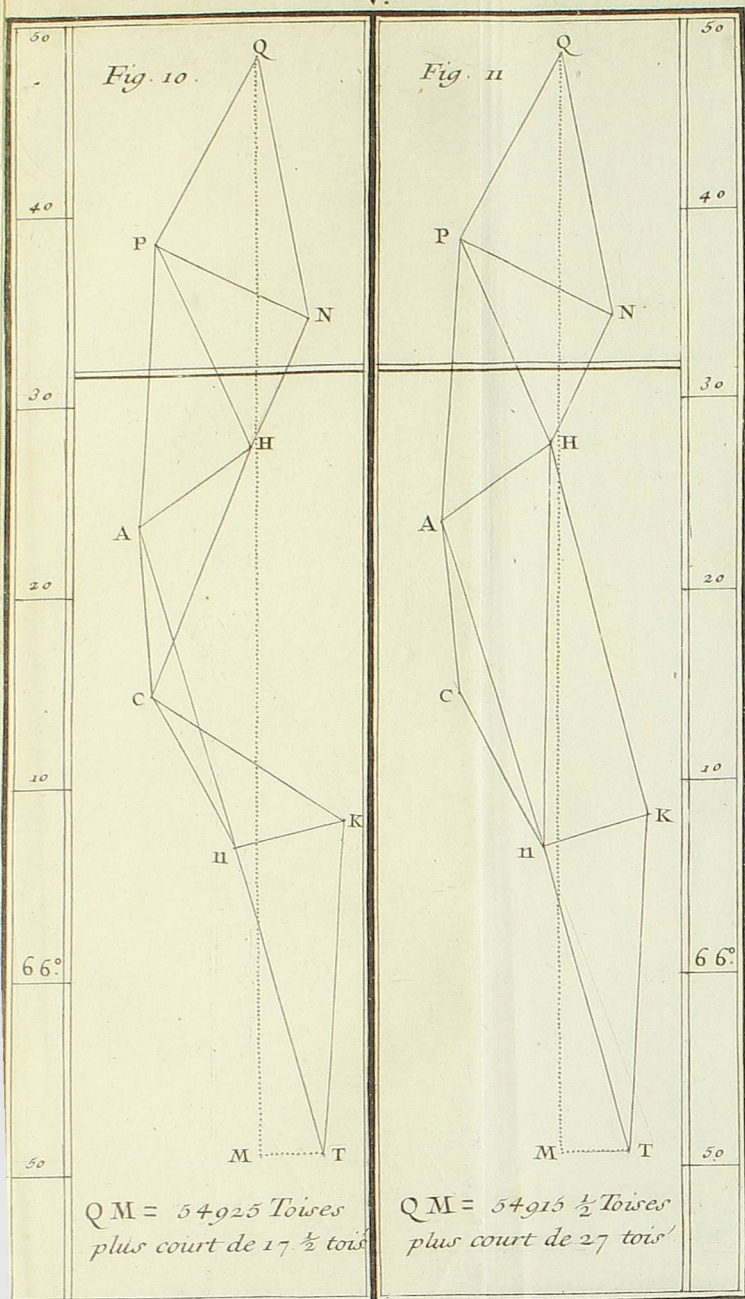


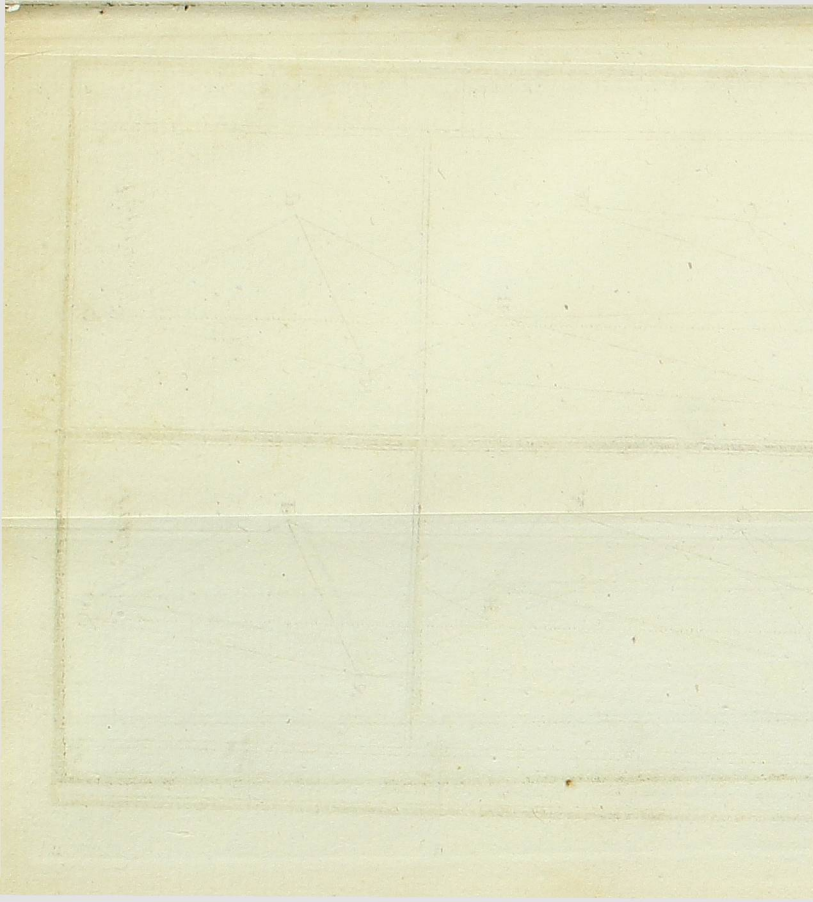




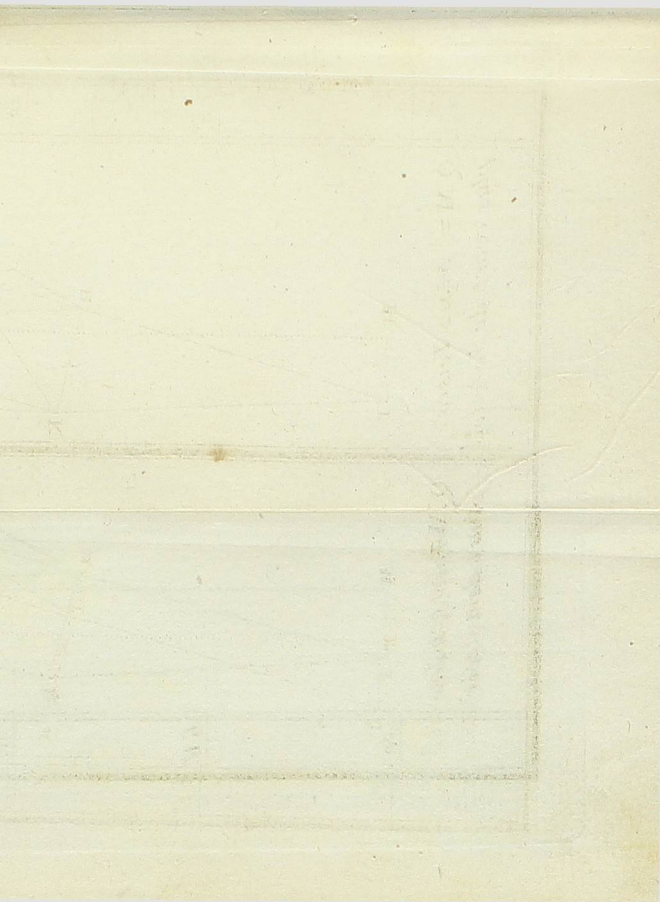


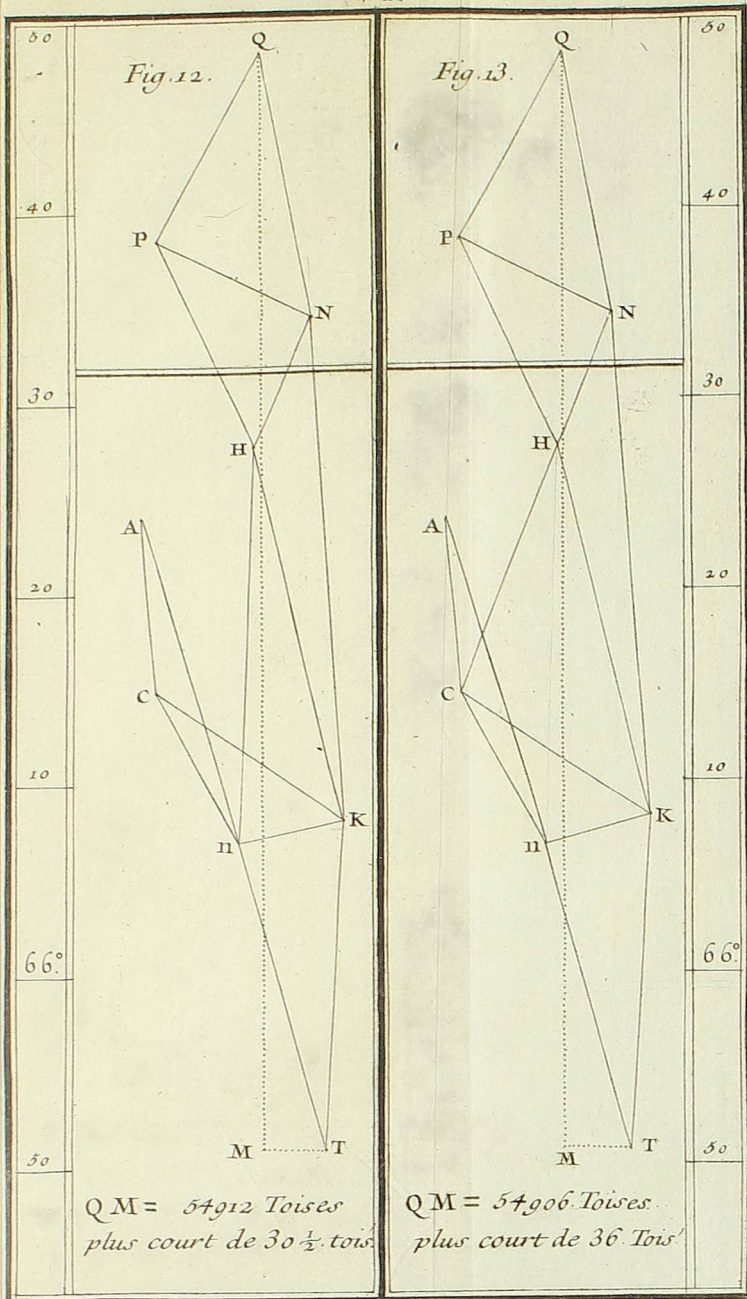














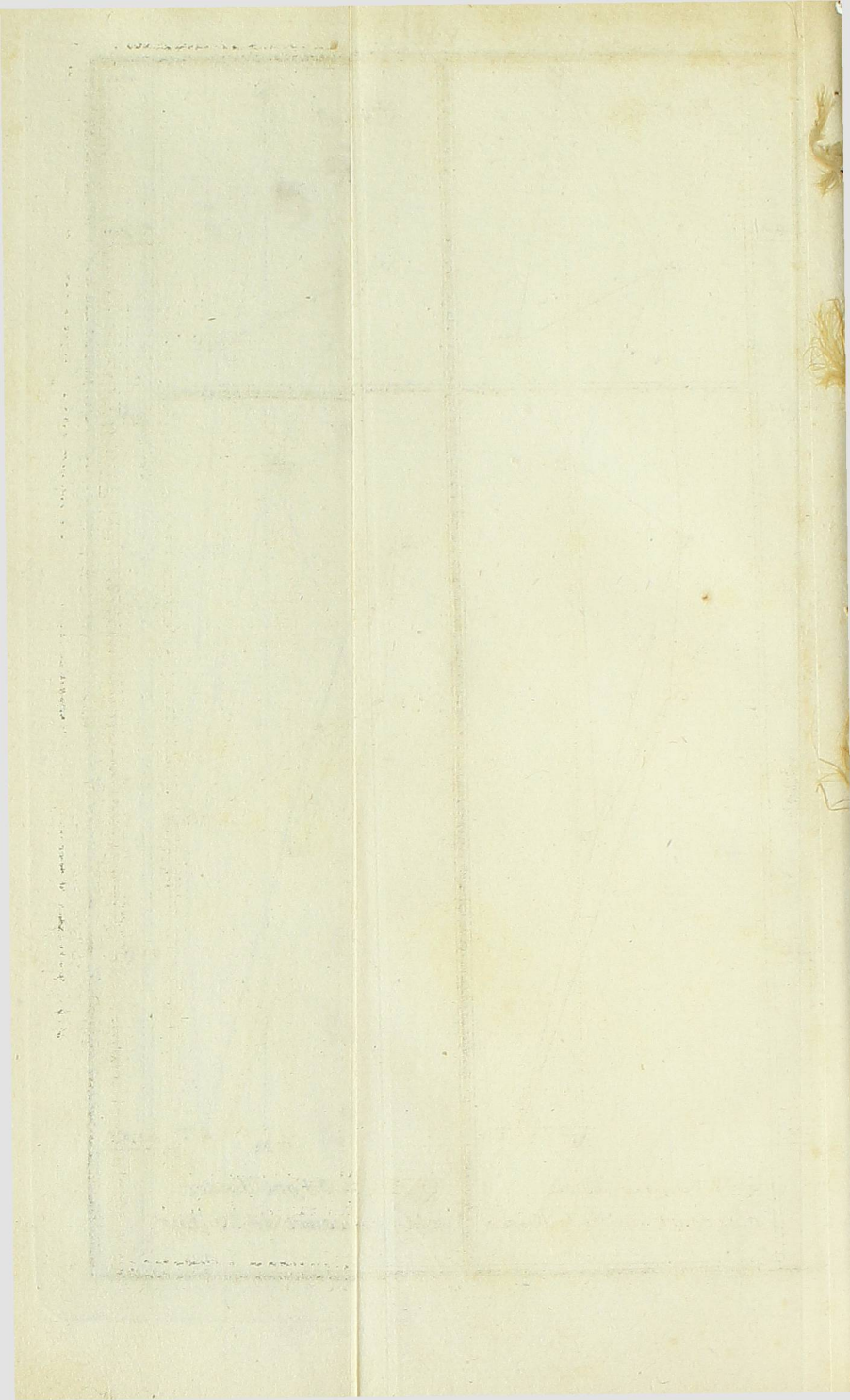
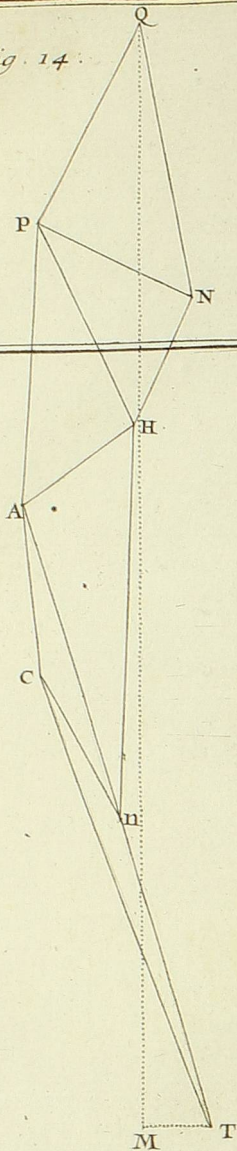
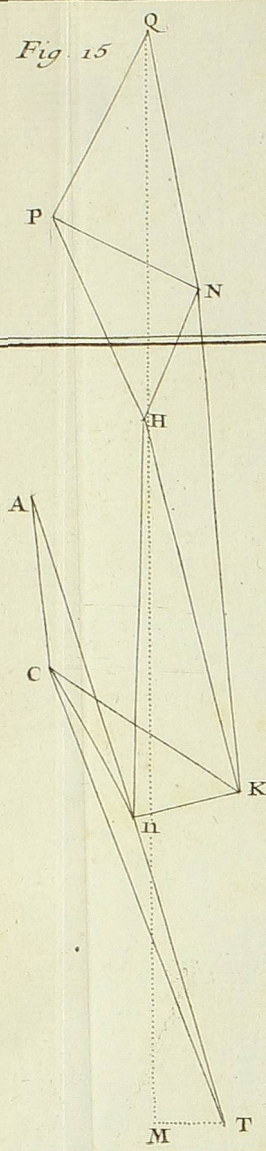


Fig. 14.



$QM = 54910$  Toises.  
plus court de  $32\frac{1}{2}$  Toises

Fig. 15.



$QM = 54891$  Toises.  
plus court de  $51\frac{1}{2}$  Toises



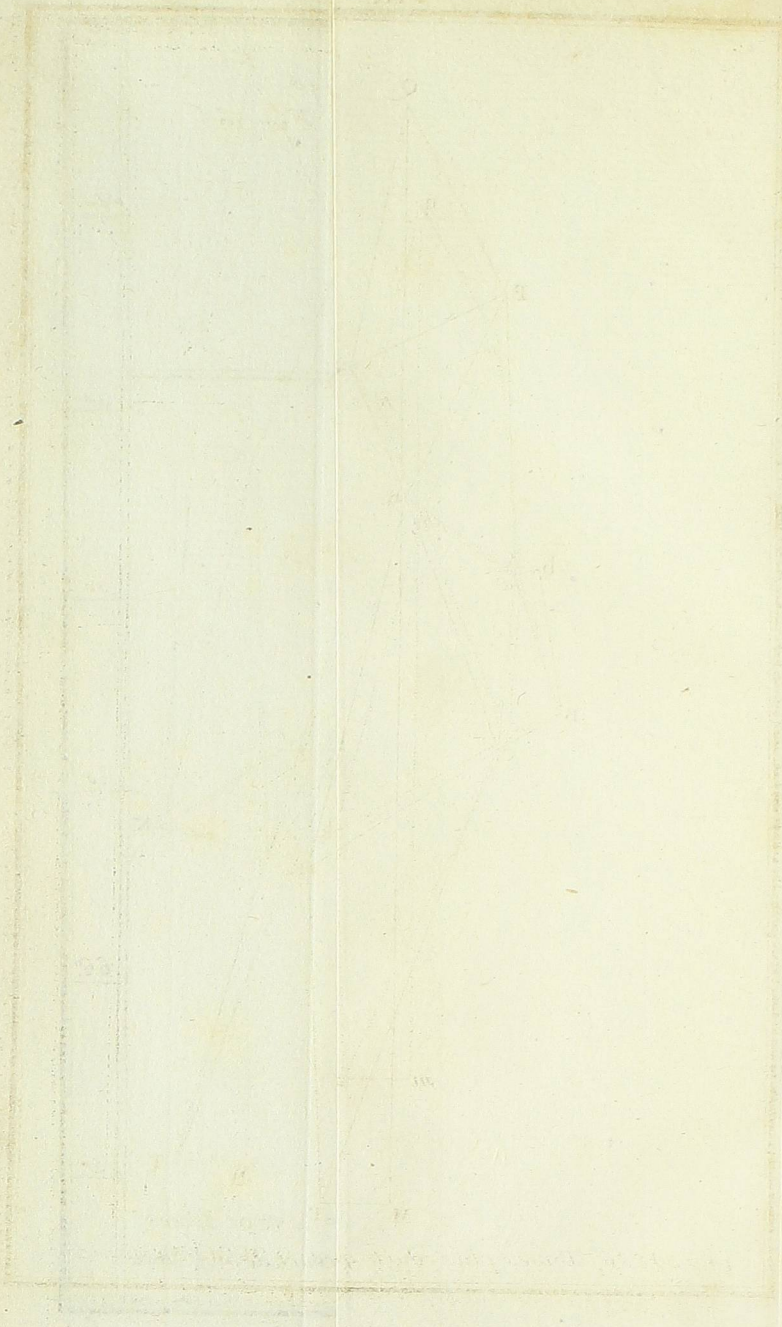
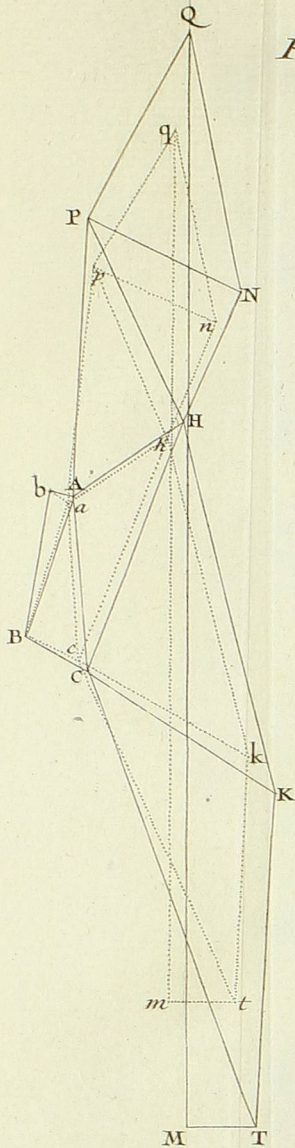


Fig. 16



$qm = 54886$ . Toises plus court que  $QM$  de 54 toises.



