

EXPOSÉ

DES

OPÉRATIONS FAITES EN FRANCE

EN 1787,

POUR LA JONCTION DES OBSERVATOIRES

DE PARIS ET DE GREENWICH;

PAR MM. CASSINI, MÉCHAIN ET LE GENDRE,

Membres de l'Académie Royale des Sciences.

DESCRIPTION ET USAGE D'UN NOUVEL INSTRUMENT,
propre à donner la mesure des angles, à la précision d'une seconde.

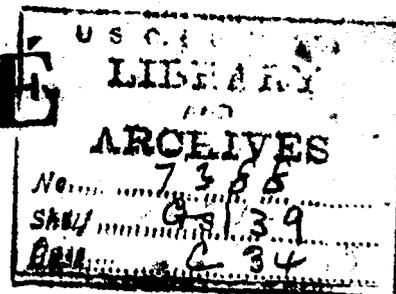


A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE DE L'INSTITUTION DES SOURDS-MUETS,
près l'Arsenal.

ET SE TROUVE

A l'Institution des Sourds-Muets, près l'Arsenal;
Chez M. RUEILLE, à l'Observatoire Royal, fauxbourg S. Jacques;
Et BLEURT, Libraire, rue Dauphine, N^o. 112.



RAREBOOK
QB
85
.C34
1790



164

Call. no. 1790. or (1791) see Paris Bibliog. Acad.

National Oceanic and Atmospheric Administration

Rare Books from 1600-1800

ERRATA NOTICE

One or more conditions of the original document may affect the quality of the image, such as:

Discolored pages
Faded or light ink
Binding intrudes into the text

This has been a co-operative project between the NOAA Central Library, the Climate Database Modernization Program, National Climate Data Center (NCDC) and the NOAA 200th Celebration. To view the original document, please contact the NOAA Central Library in Silver Spring, MD at (301) 713-2607 x124 or at Library.Reference@noaa.gov

HOV Services
Imaging Contractor
12200 Kiln Court
Beltsville, MD 20704-1387
April 8, 2009

Steilgenstein

206

**This Book is the Property of the
U. S. COAST AND GEODETIC SURVEY,
and must be carried on Book Inventory
if not returned before the Expiration
of the Calendar Year.**

This Book is the Property of the
U. S. Office
and must be returned
if not returned
of the office

A V E R T I S S E M E N T .

CET Ouvrage eut paru dès l'année 1789, si nous n'eussions cru devoir attendre la publication des Opérations Angloises, dont il n'étoit pas convenable que nous fussions les premiers à faire connoître les résultats. Elles n'ont été imprimées qu'en 1790. Les circonstances qui eurent lieu à cette époque, en France, permirent peu de s'occuper de la publication d'un Ouvrage de sciences, à peine osons nous nous flatter, même en ce moment, qu'au milieu des grands objets dont on est encore occupé, il puisse inspirer quelque intérêt et trouver des Lecteurs.

I N T R O D U C T I O N .

AUCUN siècle ne s'est occupé avec plus de lumières et de succès, que celui-ci, de la perfection de la Géographie ; aucune Nation n'a contribué plus que la Nation françoise aux progrès de cette science. Je n'entreprendrai point de faire le tableau des travaux immenses, exécutés par des François, au travers des montagnes du Pérou, sur les glaces du cercle polaire, au milieu des sables de l'Afrique (1). Je ne parlerai point des voyages et des essais multipliés, faits sur mer, à l'occasion des diverses méthodes proposées pour la solution du problème des longitudes, et particulièrement pour l'épreuve des montres marines (2). Il ne sera question ici que des opérations faites dans l'intérieur de la France, et qui ont donné lieu à celles dont nous avons à rendre compte dans cet ouvrage.

Le célèbre PICARD, fut le premier, qui en 1669, réunissant les méthodes géométriques & astronomiques (3), me-

(1) Mesures du degré du méridien, au près de Quitto, par MM. *Bouguer*, *la Condamine* et *Godin* ; près de Torneo, par MM. *de Maupertuis*, *Clairault*, *le Camus* et *le Monnier* ; au cap de Bonne-Espérance, par M. *de la Caille*.

(2) Voyages de MM. le Marquis *de Courtanvaux*, en 1767 ; *Cassini* ; en 1768 ; *Fleurieu*, en 1769 ; l'Abbé *de Rochon*, en 1770 ; *Verdun*, *Borda* et *Pingré*, en 1771 ; *Chabert*, en 1771, 1776, 1778 et 1782 ; *Dagelet*, en 1773 ; *Granchain*, en 1784 ; *Chastenet-Puységur*, en 1784, etc.

(3) La première mesure faite en France, est sans doute celle de *Fernel*,

sur avec des soins et une précision, jusqu'alors inconnus, la distance entre Malvoisine et Amiens (4), et nous donna une mesure exacte du degré du méridien (5). Quatorze années après, JEAN-DOM. CASSINI, entreprit de d'écrire, d'un bout à l'autre du Royaume, la méridienne de l'observatoire, en continuant du côté du Midi la chaîne de triangles, que Picard avoit commencée vers le Nord. Il s'appuya sur la base de Villejuif, que cet Académicien avoit mesurée, et partant de ce terme, il porta ses opérations dans la même année 1684, jusqu'à l'extrémité méridionale du Berry (6).

en 1550, mais doit-elle être mise au nombre des opérations exactes qui l'ont suivie. Fernel, en comptant les révolutions de la roue d'une voiture, déterminâ la distance de Paris à Amiens. Mais si ce moyen grossier, procura la grandeur du degrés de 56746 toises, trop petite seulement d'environ 300 toises, il ne fut redevable de cette exactitude qu'au hasard.

(4) *Snellius*, à la vérité, avoit mesuré géométriquement et astronomiquement, dès 1616, la distance d'Alcmair à Berg-op-zoom; mais il partit d'une base de 631 toises, beaucoup trop petite sans doute, et le degré qui en résultâ de 55021 toises, est trop incorrect pour que nous le mettions en parallèle avec ceux qui ont été déterminés depuis. D'ailleurs cette mesure ne fut point faite en France, et il ne doit être ici question que de celles-là.

(5) *Picard* mesura deux bases; la première, proche Paris, dans la plaine de Villejuif, de 5662 toises, sur laquelle il appuya la chaîne de ses triangles, formés depuis Malvoisine jusqu'à Amiens; la seconde, proche Mont-Didier, de 3902 toises, laquelle servit de vérification aux opérations intermédiaires, et se trouva parfaitement d'accord avec la première. La distance entre les parallèles de Malvoisine et d'Amiens fut trouvée de 78907 toises, l'arc du méridien de 1°. 22'. 55'', d'où *Picard* conclut la grandeur du degré de 57060 toises, en prenant un milieu entre deux déterminations.

(6) En 1683, *Jean-Dominique Cassini*, aidé de MM. *Sedileau*,

Mais ces travaux qu'il espéroit poursuivre l'année suivante, furent interrompus par la mort de Colbert.

Dix-sept années s'écoulerent avant que l'on reprit la description de la Méridienne; enfin vers 1700, le Roi informé par M. le Comte de Pontchartrain & M. l'Abbé Bignon, des avantages à tirer de la continuation de ce travail, ordonna d'en poursuivre l'exécution, elle fut reprise avec ardeur et totalement achevée dans la partie méridionale du Royaume en 1701 (7). Il ne restoit plus qu'à prolonger dans un petit

Chazelles, Deshayes, Perrin et Varin, prenant pour base la distance de la tour de Montlhéri au clocher de Brie-comte-Robert, déterminée par les observations de Picard, de 13121 toises 4 pieds, forme une chaîne de vingt principaux triangles, qui le conduit à 60 lieues de Paris, vers le Sud, jusqu'à la montagne de Ripol, au dessous de Bourges, entre Culan et Vedun. Le signal placé sur cette montagne, terme des premières opérations, se trouve à 130306 toises au Sud de la façade méridionale de l'Observatoire Royal de Paris, et de 2661 toises à l'Est de son méridien; l'on en conclut pareillement la distance de Bourges à la Méridienne de 2358 toises vers l'Orient, et la distance à la perpendiculaire de 100197 toises vers le Sud.

(7) Dans ce second voyage, qui eut lieu en 1700 et 1701, *Dominique Cassini, Jacques Cassini*, son fils, et *Philippe Maraldi*, son neveu, partent du point où l'on en étoit resté en 1683, et par une chaîne de 25 triangles, arrivent au sommet du Montcanigou, terme austral de la Méridienne, éloigné de 362706 toises de la façade méridionale de l'Observatoire. S'écartant ensuite à l'Est, vers Perpignan, ils mesurent une base de vérification de 7246 toises un tiers, laquelle étant liée par trois triangles à ceux de la Méridienne, se trouve la même, et par le calcul et par la mesure directe. Enfin les observations astronomiques succédant aux mesures géodésiques, on détermine l'arc céleste entre Collioure et l'Observatoire de Paris, de 6°. 18'. 57"., qui répondant à une distance terrestre de 360614 toises, donne le degré du Méridien de 57097 toises

I N T R O D U C T I O N.

v

espace, depuis Amiens jusqu'à Dunkerque, les mesures de Picard, vers le Nord, pour avoir la Méridienne tracée d'un bout à l'autre de la France, et la mesure de 8° et demi du méridien. Mais de nouveaux obstacles vinrent encore à la traverse. Ils ne furent levés qu'en 1718, où grâce à ce zèle et à cette persévérance, dont les sciences seules rendent les hommes capables; cette grande entreprise, commencée en 1669, quittée et reprise à plusieurs fois, parvint à son entière exécution, au bout de cinquante années (8).

La description du méridien, dans toute l'étendue du Nord au Sud de la France, en rectifiant des erreurs grossières dans la position d'un grand nombre de villes, en établissant une base exacte et des points invariables, venoit de procurer les

plus grand de 37 toises, que celui déterminé par Picard, au Nord de la France.

(8) *Jacques Cassini*; *Dom. Maraldi*, neveu du précédent, et *M. Delahire* le fils, se rendent en Juin 1718 à Mont-Didier, pour commencer leurs opérations, où Picard avoit terminé ses plus exactes mesures. Ils substituent le triangle de Mézières, Sourdon et Mont-Didier, à celui de l'arbre de Mareuil, Sourdon et Mont-Didier, dont Picard n'avoit observé que deux angles, et ajoutant une chaîne de vingt triangles, aux neuf anciens formés par Picard; ils arrivent à Dunkerque, terme septentrional de la Méridienne. A cette extrémité, ils mesurent une base de vérification de 5564 toises, qui se trouve par cette mesure directe, la même que par le calcul des triangles. Les observations astronomiques donnent ensuite l'arc céleste de 2°. 12'. 9'',5, correspondant à une distance terrestre de 125454 toises. D'où il résulte que la grandeur du degré du méridien dans cette partie, est de 56960 toises plus petit de 100 toises, que celui que Picard avoit conclu de ses mesures, lequel néanmoins se trouva juste dans la suite par une heureuse compensation d'erreurs, qui avoit eu lieu dans les anciennes opérations.

connoissances géographiques les plus précieuses. On sentit dès-lors plus que jamais, les grands avantages que la Géographie pouvoit retirer des travaux, ainsi réunis, de la Géométrie et de l'Astronomie. Encouragé par les premiers succès, on osa former le vaste projet de tracer pareillement de distance en distance, dans toute la France, des méridiens et des parallèles, qui, liés entr'eux, compléteroient la description géométrique de tout le Royaume. Familiarisé avec les obstacles, qu'on avoit appris à vaincre dans les premières opérations, on ne fut point effrayé du temps considérable que demandoit l'exécution d'une pareille entreprise, ni des fatigues et des difficultés nouvelles qu'on alloit éprouver dans la liaison et le raccordement des parties d'un si grand ensemble. Louis XV voulut bien lui-même applaudir à ce projet et en ordonner l'exécution; M. Orry, Contrôleur général, le seconda, dès-lors tout devint possible. Les travaux furent commencés en 1733, par MM. CASSINI DE THURY et MARALDI, qui les poursuivirent sans interruption pendant onze années consécutives (9), au bout desquelles ils parvinrent à couvrir toute la superficie de la France, d'une chaîne d'environ deux mille triangles. On fit plus, on embrassa dans ce travail une nouvelle description de cette fameuse Méridienne, dont nous avons parlé plus haut, et

(9) Voyez *Description géométrique de la France*, par M. Cassini de Thury, 1783, et la nouvelle carte qui comprend les principaux triangles servant de fondement à la Description géométrique de la France, levée par ordre du Roi, par MM. Maraldi et Cassini de Thury, de l'Académie Royale des Sciences, année 1744.

qui avoit déjà coûté tant de peines et de temps. Elle fut recommencée en 1739, par MM. Cassini de Thury et l'Abbé DE LA CAILLE (10). Ce fut alors que l'on reconnut l'erreur

(10) MM. de la Caille et Cassini de Thury, partent en Mai 1739, pour la vérification de la Méridienne ; suivent les anciens triangles jusqu'à Orléans, et forment ensuite une nouvelle chaîne jusqu'à Bourges, dont la différence de latitude avec Paris, se trouve plus petite qu'elle ne devoit être, en supposant la grandeur du degré, telle que Picard l'avoit trouvée ; de plus, de nouvelles mesures géométriques, appuyées sur la base de Picard, ne s'accordent point avec une nouvelle base mesurée auprès de Bourges. Ces Messieurs prolongent ensuite leurs triangles de Bourges à Rhodès, trouvent entre ces deux villes le degré plus petit que de Bourges à Paris, intervalle dans lequel se trouve comprise la base de Picard. Poursuivant enfin leurs opérations de Rhodès à Perpignan, ils trouvent le degrés à-peu-près le même qu'entre Bourges et Rhodès, ce qui acheve de confirmer le soupçon de quelques erreurs dans les mesures de Picard. Mais avant d'affirmer une pareille conclusion, M. de la Caille recommence, en 1740, la mesure de la base de Bourges, forme de nouveaux triangles, et retrouve toujours les mêmes résultats contraires à Picard, et qui indiquent une erreur d'environ six toises dans la mesure de sa base. On avoit déjà remarqué une erreur de onze toises sur un côté de 11000 toises, déterminé par Picard. Pour lever toute incertitude, J. Cassini et M. de la Caille, se déterminent à remesurer la base de Picard, et la trouvent, en effet, trop longue de six toises, ce qui raccourcit le degré de 56 toises, et le rendit à Bourges plus grand qu'à Perpignan. Passant ensuite à la partie septentrionale de la Méridienne, MM. Cassini de Thury et de la Caille, partent de Dunkerque et d'une nouvelle base mesurée le long de la mer, et formant diverses chaînes de triangles, qui toutes donnent les mêmes résultats à une ou deux toises près, ils arrivent à Amiens, et trouvent la distance de Sourdon à Villers-Bretonneux, plus petite de 15 toises, qu'elle n'avoit été anciennement déterminée ; poursuivant enfin jusqu'à Paris, ils aboutissent à la base de Picard, qu'ils déterminent par leurs triangles à un pied près, la même que venoit de la donner la nouvelle mesure, par laquelle on avoit cons-

qui s'étoit glissée dans les premières mesures , résultante en partie de la trop grande confiance que l'on avoit eu dans la base de M. Picard , trop grande de six toises. Cette petite rectification eut de bien grandes conséquences , puisqu'elle changea totalement la figure de la terre , dont la forme avoit paru allongée vers les poles , par le résultat des précédentes opérations , et fut reconnue aplatie par celui des nouvelles (11), conformément aux principes de Newton , et d'accord avec les mesures faites au Pérou et au Cercle polaire.

Dans l'exécution de ces immenses travaux , l'expérience apprit que le succès pouvoit même surpasser celui dont on avoit osé se flatter. En effet, en se proposant de lier par de

taté l'erreur de six toises , qui avoit affecté toutes les précédentes mesures faites jusqu'à ce jour et avoit rendu si nécessaire cette vérification. (Voy. la Méridienne de l'Observatoire Royal de Paris , vérifiée dans toute l'étendue du Royaume, Paris 1744).

(11) Les opérations faites au Pérou et en Laponie , avoient donné la valeur du degré du cercle polaire plus grande de 688 toises que celle du degré de l'équateur. D'où il résultoit que la terre étoit aplatie vers les poles. Le degré mesuré au Nord de la France par Picard , et trouvé de 311 toises plus grand que celui de l'équateur confirmoit ce résultat , en justifiant l'accroissement de la grandeur des degrés , depuis l'équateur jusqu'au pole. Par conséquent les degrés du méridien , mesurés dans la partie méridionale de la France , devoient se trouver plus petits que celui mesuré au Nord de Paris ; mais les opérations de Dominique et Jacques Cassini , donnerent au contraire 57097 toises , sous le parallele de 45°. et demi , et 56960 toises , sous le parallele de 50°. ; mais la vérification de ces mêmes mesures , faite par MM. de la Caille et Cassini de Thury , avec de nouveaux soins et des instrumens plus parfaits , rectifierent les erreurs qui avoient eu lieu , tant dans les observations , que dans l'ancienne base à laquelle on avoit eu trop de confiance , et donnerent des
longues

I N T R O D U C T I O N.

ix

longues chaînes de triangles , les lieux de la France les plus éloignés entr'eux , on ne s'étoit point caché , et il y avoit à craindre , les différentes especes de petites erreurs qui pouvoient avoir lieu dans ces opérations et devenir par leur somme de quelque conséquence. Mais une expérience constante a prouvé qu'une heureuse compensation de ces erreurs , s'opéroit presque toujours dans ces sortes d'opérations , en y apportant toutefois l'attention suffisante pour les diminuer autant qu'il est possible , et en employant les moyens de vérification et de rectification les plus propres. On avoit cherché d'abord à donner aux grandes chaînes de triangles la disposition la plus favorable , en leur faisant suivre la direction des paralleles et des perpendiculaires au Méridien , mais combien d'obstacles s'étoient rencontrés , par combien de circuits & de

résultats conformes à l'applatissage de la terre , ainsi qu'on le voit dans la petite table suivante :

	<i>Observations combinées.</i>	<i>Parallele itermédiaire.</i>	<i>Valeur du degré.</i>	<i>toises.</i>
Les observations astronomiques , faites à Perpignan , sont soupçonnées de quelqu'altération , causée par l'attraction que la masse des montagnes des Pirenées a pu exercer sur le fil à plomb. Ce qu'il y a de certain , c'est que tous les degrés dans le calcul desquels on fait entrer les observations de Perpignan s'accordent moins avec les autres , et on effct si l'on supprime un instant ces résultats douteux que nous avons ici marqué d'une étoile , on reconnoitra dans les autres un accord et une loi d'accroissement très-	Perpignan et Rodez.	43°. 31'.	57048 *	
	et Bourges.	44 53	57042 *	
	Rodez et Bourges.	45 43	57040	57041
	Perpignan et Paris.	45 45	57050 *	
	Rodez et Paris . . .	46 35	57049	57041 $\frac{1}{2}$
	Perpig. et Dunkerq.	46 51	57055 *	
	Rodez et Dunkerq. .	47 41	59057	57056
	Bourges et Paris . .	47 58	59071	
	et Dunkerque.	49 3	57069	57070
	Paris et Amiens . .	49 23	57074	
et Dunkerque.	49 56	57084	57079	

sensible. Elle existe même en ne supprimant que le premier résultat , et prenant entre les autres les valeurs moyennes , comme on le voit dans la dernière colonne.

b

x

I N T R O D U C T I O N

détours n'avoit-on pas été souvent éloignés de la direction la plus avantageuse. On s'étoit prescrit la loi d'observer, autant qu'il étoit praticable, les trois angles de chaque triangle, et l'on y employoit de bons instrumens, mais il étoit impossible de donner à ces mesures la même précision, et d'apporter dans la formation de deux mille triangles, une attention et un scrupule aussi grands et aussi soutenus, que dans la mesure des degrés du méridien. Enfin, pour vérifier, redresser et corriger partiellement les opérations, on avoit mesuré, de distance en distance, dans diverses parties du Royaume, jusqu'au nombre de dix-neuf bases, dont la longueur avoit toujours été déterminée par deux mesures en sens contraire. Et c'est alors que l'on pût commencer à juger que malgré tous les obstacles, les opérations par triangles arriveroient à une précision qu'aucun autre moyen ne pouvoit atteindre, puisqu'il se trouva rarement plus de deux toises de différence (12) entre les bases mesurées directement et celles conclues par les triangles. Lorsqu'ensuite ayant déduit de ces opérations géodésiques, les longitudes et latitudes des principaux points, on vint à les comparer à celles déterminées par les meilleures observations astronomiques, l'accord qui se trouva entr'elles, fut si satisfaisant, qu'il n'y eut plus de doute sur l'excellence des mesures trigonométriques pour les déterminations géographiques les plus précises; l'on fut même en droit de conclure qu'elles avoient un véritable avantage sur les observations astronomiques pour toute détermination de petits intervalles ou de

(12) Voyez *Description géométrique de la France*, p. 9.

différence de longitudes entre des lieux peu éloignés entr'eux. En effet, on évaluoit à environ dix toises (13) l'erreur que les mesures géodésiques pouvoient donner sur une distance de 60 lieues, et ces dix toises répondent à environ une seconde de degré dans le ciel. Or, dans les Observatoires où l'on observe le plus et avec les meilleurs instrumens, à peine peut-on s'assurer de la latitude à 2 secondes près (14), et quant à la longitude, on convient qu'il n'y a qu'un petit nombre de phénomènes rares par lesquels on puisse la déterminer à une seconde de temps, c'est-à-dire, à 15'' de degrés près. C'est en conséquence de cela que souvent quelques personnes faisant compliment à M. Cassini de Thury, de l'exacritude dont elles avoient trouvé telle et telle position de ses cartes, qu'elles avoient vérifié par des observations astronomiques : il leur répondoit, c'est plutôt à moi à vous complimenter de ce que vos observations s'accordent avec mes triangles.

Le succès de ces opérations, qui changerent entièrement la géographie de la France, et donnerent à cette science ce caractere de précision qu'elle n'avoit jamais eu, avoit donné à M. Cassini de Thury, l'idée de les étendre dans toute

(13) *Figure de la terre*, p. 6 : D'après le compte que nous allons rendre dans cet ouvrage, de nos opérations et de celle de MM. les Anglois, nous espérons faire voir que cette erreur pourra être réduite à plus de moitié.

(14) L'incertitude sur la réfraction, monte seule à cette quantité, comme je le prouverai ailleurs, au sujet de la latitude de l'Observatoire Royal, qui a varié, selon différens Auteurs, de 48°. 51'. 10'' à 48°. 51'. 14''.

l'Europe. Déjà dans deux voyages qu'il avoit faits en Allemagne, il avoit prolongé jusqu'à Vienne la perpendiculaire au méridien de Paris. Il forma le projet de continuer ainsi dans tous les Etats voisins de la France les chaînes de ses triangles, et adressa aux diverses Puissances un Mémoire relatif à cet objet, dans lequel il leur proposoit ou de faire exécuter ces opérations par les Savans qui se trouvoient dans chaque pays, ou qu'on lui permit, comme en Allemagne, de les aller faire lui-même (15). Une pareille proposition n'étoit pas de nature à recevoir partout le même accueil. Là elle fut refusée; ici on ne daigna pas y répondre ni peut-être même l'examiner; ailleurs elle fut d'abord écoutée avec intérêt, mais des considérations particulières détruisirent bientôt la première impression favorable. Il n'y eut qu'en Angleterre où il fut suffisant que le projet de M. Cassini de Thury renfermât quelque chose de grand et d'utile aux sciences, pour être saisi, approuvé et mis à exécution avec ce zèle, cette grandeur de moyens qui caractérisent une nation éclairée qui a porté les arts et les sciences à un si haut degré. Il fut bientôt arrêté que l'on formeroit, depuis Londres jusqu'à Douvres, et à la côte de France, une chaîne de triangles qui iroit se joindre à celle de la Méridienne de Paris, et donneroit lieu par-là de déterminer à la précision de quelques toises, la position respective des deux Capitales et des deux Observatoires

(15) En 1775 j'avois eu l'honneur de présenter moi-même ce projet à S. A. le Grand Duc de Toscane, qui fût au moment de l'adopter et de m'en confier l'exécution, elle fut différée d'abord et finit par ne point avoir lieu.

les plus célèbres de l'Europe. Le Général Roy fut chargé des opérations; ses talens en ce genre étoient déjà éprouvés et connus depuis long-temps, et M. Ramsden s'occupa aussi-tôt de la construction des instrumens nécessaires, dans laquelle il déploya ce génie d'invention et cette perfection d'exécution qui caractérisent tous ses ouvrages.

Dans l'été de 1784, on procéda à la mesure d'une première base dans la plaine d'Hounslowheat, au Sud-Ouest de Londres. Le temps, les soins, les procédés, les instrumens que l'on employa à cette première opération annoncerent déjà que dans cette entreprise les Savans Anglois se piqueroient de parvenir à une précision supérieure à celle qui avoit été précédemment obtenue par-tout ailleurs. Les perches de bois dont on avoit eu coutume jusqu'alors de se servir dans de semblables mesures furent d'abord employées, mais l'incertitude et l'inégalité de leur dilatation les fit bientôt rejeter, et on leur substitua des tubes de verre, dont la forme et la matière furent reconnus d'après les expériences les plus délicates (16) pour être moins susceptible de dilatation que l'acier, le fer fondu ou toute espèce de cuivre.

La première base étant mesurée, il fallut attendre que la construction de l'instrument pour prendre les angles fût achevée. Quels soins et quelle précision en effet ne demandoit-il pas dans l'exécution, cet instrument qui devoit donner dans la mesure des angles une exactitude correspondante et proportionnelle à celle de la base, dont il eut sans doute été fort inutile de chercher à déter-

(16) Il a même été reconnu qu'une verge solide de verre étoit plus dilatable qu'un tube de même matière.

miner la longueur à la précision de quelques pouces, si l'erreur des angles n'eut permis de déterminer les côtés qu'à une ou deux toises près.

Ce ne fut aussi qu'au bout de trois années que l'on se trouva en état de commencer à former la chaîne des triangles. Les premières opérations se firent dans l'été de 1787. C'est alors que le Gouvernement Anglois demanda au nôtre l'assistance de Commissaires et de Coopérateurs François pour la jonction des triangles d'Angleterre et de France, qui devoit avoir lieu sur les côtes de Douvres et de Calais. Mon pere étoit mort l'année même où son projet avoit commencé à être mis à exécution. Je fus chargé de le remplacer dans une fonction à laquelle il auroit eu tant de droit et qu'il eût remplie avec tant de satisfaction. Deux de mes Confreres de l'Académie, MM. Méchain et le Gendre, me furent adjoints, et nous reçûmes ordre de nous préparer le plutôt possible à la jonction que les Commissaires Anglois desiroient effectuer avant la fin de l'automne prochain. Le peu de temps qui nous restoit nous permit à peine de nous munir des choses les plus nécessaires à notre mission. A la vérité elle étoit bornée d'abord à faciliter, à établir et à faire sur notre côte les signaux dont MM. les Commissaires Anglois pourroient avoir besoin pour lier plusieurs points de la côte de Douvres à ceux de la côte de Calais, mais nous crûmes ne pouvoir nous dispenser de faire de notre côté les mesures et les opérations respectives, de former même une nouvelle chaîne qui allât de notre côte rejoindre la Méridienne de Paris. Il y en avoit une anciennement de formée, mais il se pouvoit qu'on n'y eût pas apporté les mê-

mes soins et la même exactitude qu'aux triangles de la Méridienne.

M. Lenoir, le plus distingué de nos Artistes, venoit heureusement d'achever la construction d'un cercle d'un pied de diametre , dans les principes de M. le Chev. de Borda , c'étoit une occasion bien favorable pour faire un essai en grand de ce nouvel instrument, dont la théorie promettoit les plus grands avantages. Nous prîmes en outre un fort bon quart de cercle de deux pieds et demi de rayon , et avec ces deux instrumens nous partîmes le 18 Septembre, et nous nous rendîmes à Douvres le 23, jour indiqué du rendez-vous avec MM. les Commissaires de la Société Royale. On trouvera dans cet ouvrage le détail des faits et des opérations qui de notre part suivirent cette entrevue , nous nous bornerons donc ici à rendre compte en peu de mot de celles qui eurent lieu en Angleterre , et de leur résultat, tant particulier que combiné avec les nôtres, afin de donner à nos Lecteurs une idée générale de l'ensemble de l'opération et de son succès.

Les Commissaires Anglois commencerent la reprise de leurs travaux , en 1787 , par la mesure d'une seconde base à Romney-Marsh , sur le bord de la mer , soixante mille à l'Est de la premiere. Cette nouvelle base fut mesurée avec une chaîne d'acier, d'une construction parfaite, et dont l'exactitude avoit été comparée et reconnue égale à celle des tubes de verre. Les deux bases ayant été liées ensuite par une chaîne de vingt-quatre triangles, il ne se trouva sur la base de vérification que quatre pouces et demi de différence entre la mesure directe et le résultat du calcul des triangles.

Une seconde chaîne de huit triangles fut ensuite formée en remontant de Romney-Marsh à Douvres, le long de la côte sur laquelle deux principaux points, Douvres et Fairlight-Down, furent choisis pour être liés aux trois points de la côte Française, Calais, le Cap-Blancnez et le Montlambert, les plus favorables à la jonction. Ces cinq points donnerent quatre triangles, dont nous mesurames les angles qui étoient de notre côté, et MM. les Anglois ceux qui étoient du leur. Enfin, six autres triangles ajoutés par nous à ceux-ci allèrent jusqu'à Dunkerque rejoindre un des triangles de la Méridienne de Paris, qui se trouva ainsi réunie au méridien de Greenwich, par une chaîne continue de quarante-deux triangles, laquelle, prolongée jusqu'à une base anciennement mesurée au Nord de Dunkerque, donna sa longueur, à un pied près, la même qui avoit été déterminée précédemment par la chaîne des triangles de la Méridienne de Paris, accord aussi surprenant que satisfaisant entre des opérations partant de deux points aussi éloignés que Londres et que Paris, et faites en sens différens, par divers Observateurs et divers instrumens, d'où il est résulté la détermination la plus précise de la différence des méridiens des deux Observatoires, et une confirmation authentique de la grandeur des degrés au Nord de Paris, déterminée par M. Cassini de Thury, en 1740.

Nous ne devons pas oublier de dire ici que l'instrument dont MM. les Commissaires Anglois se servirent pour la mesure des angles, étoit d'une telle perfection que dans chaque triangle il ne s'est jamais trouvé plus de 2",8 d'erreur sur la somme des trois angles. Le nôtre, quoique d'un rayon trois fois

I N T R O D U C T I O N.

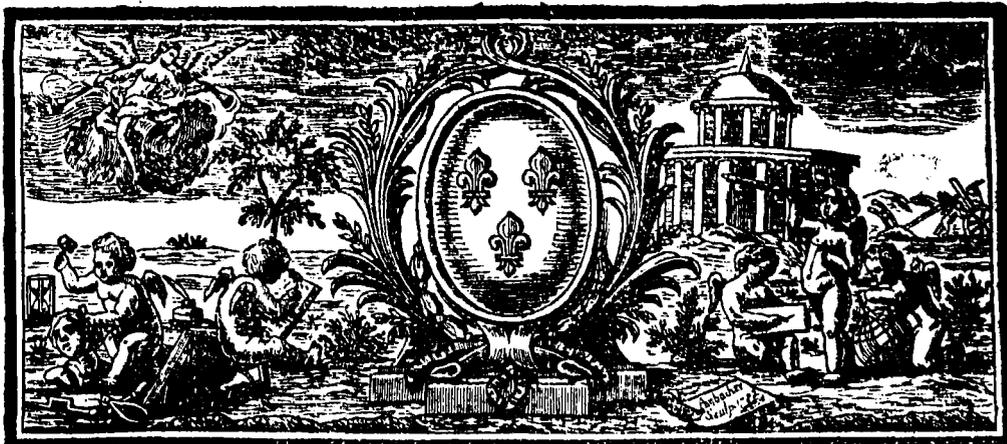
fois plus petit n'a donné que 4'' pour maximum d'erreur. En conséquence, si l'on considère que dans la chaîne de triangles qui réunit les deux méridiens, de Londres et de Paris, l'erreur sur la mesure des angles peut être regardée à-peu-près comme nulle; et que sur les deux bases mesurées directement en Angleterre avec un scrupule, dont aucune opération semblable n'avoit offert l'exemple, l'erreur doit être estimée la plus petite possible; n'en conclura-t-on pas que les résultats doivent être de la plus grande précision, et qu'il en est peu qui méritent plus de confiance. C'est ce que nous n'oserions dire ici, si la plus grande part dans ces opérations, et la gloire qu'elles peuvent mériter, n'appartenoient à des étrangers, et particulièrement à notre illustre Coopérateur le Général Roy, dont nous invitons à lire les deux ouvrages, où il rend un compte détaillé de la mesure de la base de Hounslowheat, et des opérations trigonométriques qui l'ont suivie. On sera dès-lors à portée de juger, en même-temps, du succès de l'entreprise, des degrés d'éloge qu'elle mérite et des regrets que doivent causer la perte de ce Savant estimable, qui n'a survécu que peu de temps à ses travaux. Pour nous qui avons été dans le cas de connoître plus particulièrement les talens et les qualités aimables du Général Roy, c'est avec empressement que nous saisissons ici l'occasion de rendre à sa mémoire, le tribut de louanges que nous dictent la justice et le sentiment.



TABLE DES MATIERES.

INTRODUCTION.	page ij
CHAPITRE I^{er}. Précis du voyage et des opérations.	1
II. Description du cercle à deux lunettes.	23
III. De l'usage du cercle à deux lunettes pour la mesure des angles sur le terrain.	28
IV. De la précision des mesures prises avec le cercle à deux lunettes.	34
V. Angles observés aux différentes stations.	38
VI. Tableau de la chaîne de triangles, formée en 1787, pour lier à Dunkerque et à la Méridienne de Paris, les opérations faites en Angleterre.	47
VII. Détermination de la valeur des côtés de chaque triangle et de la position des diverses stations, par rapport au méridien de Dunkerque.	51
VIII. Comparaison des résultats de nos opérations et de ceux des opérations Angloises.	57
Conclusion.	65
Table de la valeur des degrés pour diverses latitudes.	68
Tableau des diverses hypotheses sur la figure de la terre.	69
SUPPLEMENT.	
§. I. Usage du cercle à deux lunettes dans la mesure des angles verticaux et de la hauteur des astres.	70
Exemple de la disposition des observations et du calcul de la hauteur d'une étoile prise aux environs du méridien avec le cercle.	76
Table de réduction pour le soleil et les étoiles.	81, 82 et 83
Table de réduction particulière pour l'étoile polaire	84
§. II. Methodes de réductions et de calculs.	85 et suiv.

Fin de la Table.



EXPOSÉ DES OPÉRATIONS
FAITES EN FRANCE EN 1787,
POUR LA JONCTION DES OBSERVATOIRES
DE PARIS ET DE GREENWICH.

CHAPITRE PREMIER.

Précis du Voyage et des Opérations.

AYANT reçu avis que MM. les Commissaires de la Société Royale devoient se trouver, vers le 20 Septembre, sur la côte d'Angleterre, pour concerter avec nous les opérations de la jonction projetée, nous nous rendîmes, MM. Méchain, le Gendre et moi, à Calais, au jour nommé, et le 23 nous passâmes à Douvres.

Nous y trouvâmes le Général Roy et le Docteur Blagden. La saison avancée, les mauvais temps qui régnoient depuis long-temps, tout nous invitoit à ne pas différer des opérations, qui demandoient un concours de circonstances favorables et dépendantes du temps. Dès le lendemain de notre arrivée à Douvres, nous arrêtâmes, dans une seule

conférence, le plan de notre campagne, nous convinmes de toutes nos opérations, et le 25 nous nous rembarquâmes pour Calais, mais le vent contraire changea notre route, et nous força de débarquer à Boulogne. Ce ne fut pas un contre-temps fâcheux pour nous, ainsi qu'on va le voir par la distribution des opérations projetées, dont je vais rendre compte.

Quoique cette partie de la Manche, appelée vulgairement le *Pas-de-Calais*, soit infiniment resserrée, et ne sépare les côtes de France et d'Angleterre que par un intervalle d'environ 18 mille toises, dans l'endroit le plus étroit du canal; néanmoins, comme les deux côtes, après s'être extrêmement rapprochées, deviennent ensuite très-divergentes, il n'est pas aussi facile qu'on le pense d'abord, de les joindre ensemble par des triangles qui offrent en même temps et de longs côtés et de grands angles. L'éloignement des objets, et plus encore les brouillards et les vapeurs que la mer élève entr'eux, augmentent considérablement les difficultés de cette liaison. La Méthode proposée par Messieurs les Anglois de se servir de feux que leur éclat et leur force rendent visibles, à des distances considérables, obvioit en grande partie à ces inconvéniens. Il fut donc convenu qu'à certains jours et à certaines heures fixées, nous allumerions ces feux en différens endroits de la côte de France, tels que le *Montlambert*, le *cap Blancnez*, le clocher de *Notre-Dame de Calais*, la *tour de Dunkerque*, et que le Général Roy, prenant différentes stations sur la côte d'Angleterre, observeroit les angles entre nos feux. Pareils signaux devoient être donnés sur la côte de Douvres, et de notre côté nous devions, sur celle de France, observer les angles respectifs. MM. les Commissaires Anglois avoient eu l'attention d'apporter avec eux la quantité de boîtes à feux et tout l'appareil nécessaires pour cette correspondance de signaux, même des réverberes dont on verra que nous fîmes usage avec grand succès. Nous emportâmes le tout avec nous, accompagnés de M. Blagden, qui voulut bien passer en France et coopérer à la correspondance des signaux.

Les vents contraires, en nous jetant à Boulogne, nous avoient donc amené aux pieds d'une de nos stations. En effet, le sommet du

Montlambert, l'une des plus hautes montagnes du Boulonois, n'est éloigné de Boulogne que d'environ deux milles toises, l'on pourroit même dire qu'il tient à la ville par sa pente qui vient se prolonger jusqu'aux portes. C'est-là que mon pere, en 1737, avoit placé un signal pour des opérations semblables aux nôtres, et cette circonstance avoit déterminé notre choix pour ce poste d'ailleurs fort avantageux à l'objet que nous nous proposons.

On trouve sur le sommet du Montlambert un plateau carré de deux milles toises de superficie, environné de larges fossés, restes d'une ancienne fortification : à l'un des angles vers le Sud M. le Prince de Croy avoit fait anciennement élever, ainsi que sur plusieurs montagnes du Boulonnois et du Calaisis, un petit monument ou banc de pierre dure, de deux pieds et demi d'élevation, et de six pieds de longueur, assis sur une fondation solide. Ce point remarquable nous parut plus propre qu'aucun autre à l'établissement de l'un de nos signaux de feux. Ce lieu, à la vérité, étoit entièrement isolé. Il fallut y établir d'abord une tente que l'on plaça dans le fossé, au dessous du banc, pour servir de retraite aux instrumens et à ceux qui les gardoient. Les mauvais temps et les vents épouvantables que l'on éprouva par la suite, obligerent de construire une cabane au pied même du signal, pour pouvoir y faire nos observations. Mais ce ne fut qu'après avoir absolument cessé d'allumer les feux, dont la violence ne permettoit pas de rien laisser de combustible à l'entour.

M. Méchain s'étant chargé de la station de Montlambert, nous le laissâmes à Boulogne, avec douze boîtes à feux et un quart de cercle de deux pieds et demi de rayon. Nous nous rendîmes en diligence à Calais, MM. Blagden, le Gendre et moi, pour, ~~de là~~, prendre nos différens postes. M. le Gendre partit pour Dunkerque. M. Blagden voulut bien se charger d'allumer les feux dans la galerie haute du clocher de Notre-Dame de Calais. Pour moi, je pris la station du cap Blancnez, à deux lieues et demie de la ville. Ce cap, le plus élevé de toute la côte et le plus avancé vers l'Angleterre, étoit dans une position très-avantageuse pour nos opérations, il devoit être le sommet des principaux angles de liaison et formoit, avec le Montlam-

bert, la plus grande base sur laquelle MM. les Commissaires Anglois pussent s'appuyer du côté de la France. Le Blancnez étoit d'ailleurs un des points de la chaîne de triangle, formée anciennement par mon pere le long de la côte de France, et d'où il avoit déterminé la position du château de Douvres. On voit dans son ouvrage de la *Méridienne vérifiée* qu'il avoit établi un signal au corps-de-garde du Blancnez (1). En effet, il se trouve sur le sommet de ce cap une petite maison qui sert de retraite à la vedette chargée, en temps de guerre, de signaler les vaisseaux. Je ne pouvois douter que ce ne fût là le même point indiqué par mon pere. J'établis donc dans la chambre basse du corps-de-garde tout l'attirail de mes feux et mes instrumens. Après avoir bien considéré à l'extérieur l'emplacement le plus favorable pour faire les signaux au Général Roy, je fis élever, à deux pieds de l'angle Sud de la petite écurie, un mât de six pieds de hauteur, sur lequel devoit brûler la boîte à feu; au dessous étoit attaché, par un collet, une lanterne à réverbère, mobile et tournant de tout côté pour être dirigée sur différens points de la côte d'Angleterre et de la nôtre. La position de mon mât étoit telle qu'il put être apperçu du Général Roy dans ses diverses stations, ainsi que de MM. Méchain et Blagden, d'autant que nous avions des signaux respectifs à nous donner, et que nos feux devoient être allumés les uns après les autres, à des intervalles de temps déterminés, ainsi qu'on le voit dans le tableau de correspondance, rapporté ci-dessous, tel qu'il avoit été projeté et qu'il a été exécuté (2).

(1) Connu dans le pays sous le nom de la *maison du Guetteur*. Dans l'ouvrage cité, page 168, l'on trouve plusieurs angles mesurés au signal de Blancnez.

(2) Projet et tableau de la correspondance des signaux.

Le 29 et le 30 Septembre.

Feux à Calais, à 6^h 30'.
 au cap Blancnez, à 6 45, réverbère allumé de 6^h à 8^h, et tourné vers Douvres.
 au Montlambert, à 7 0.
 à Dunkerque, à 7 30.

Les 12, 13, 16 Septembre & 7 Octobre.

Feux au cap Blancnez, à 6^h 30' et 7^h 15'.
 à Montlambert, à 6 45 et 7 30.

L'établissement de M. Blagden, à l'angle Sud de la galerie haute du clocher de Notre-Dame de Calais, avoit demandé un peu plus de précaution, à cause des toits, des plombs et de la charpente, qu'il falloit garantir de toute atteinte de ces feux, dont la combustion est très-vive, très-subtile et très-difficile à éteindre. Le chandellier de cuivre qui portoit la boîte à feu, étoit établi au milieu d'un grand bacquet rempli d'un lit de terre glaise et d'une couche d'eau par dessus. Une grande plaque de fer blanc étoit posée entre le feu et le clocher, pour arrêter et intercepter toute étincelle que le vent auroit pu y porter.

Pareilles précautions furent prises par M. le Gendre, sur la plateforme supérieure de la tour de Dunkerque, où il s'établit à 10 pieds du pilier montant, de la porte de la cabane du Gueteur; tels furent nos préparatifs, ils ne furent achevés que le Samedi 29. Nous nous étions flattés de commencer nos signaux le 28; M. le Gendre qui n'avoit pu être prévenu du retard, alluma même son premier feu à Dunkerque ce jour là, les nôtres ne lui succéderent pas; mais le lendemain au soir tout fut prêt dans chaque station, et de cette époque, 29 Septembre, jusqu'au 18 Octobre, la correspondance des signaux aux jours et aux heures convenus, fut exécutée avec l'exactitude la plus complète, et un succès que nous n'avions pas même osé espérer. En effet, il est surprenant que, dans l'intervalle de près de trois semaines, dans une saison qui a été remarquable par les mauvais temps qui ont régné (1), des signaux faits à jour et à heure nommés, ayent presque tous réussi. Les pluies affreuses et les tourbillons de vent que nous éprouvions sur le Montlambert et sur le cap Blancnez, nous faisoient quelquefois désespérer pendant tout le jour de pouvoir allumer nos feux et être apperçu des diverses stations; mais la force et la vivacité de ces feux, est telle, que même

Le 2 Octobre.

Feux à Calais, à 6^h 30' et à 7^h 30'.

au cap Blancnez, à 6 45 et à 7 45.

au Montlambert, à 6 0 et à 8 0.

(1) Il est tombé dans le mois d'Octobre 4^{pouc.} 1 lig. 4 d'eau à Paris.

au travers la pluie et le brouillard , ils s'aperçoivent encore à de grandes distances

Nous laissons à MM. les Commissaires Anglois à faire connoître la composition de ces feux singuliers, qu'ils tiennent des Indiens, mais qu'ils ont perfectionné : nous ne parlerons que de leurs effets.

Le Général Roy nous avoit donné deux especes de boîtes à feu, les unes de 4 pouces quarrés, sur 10 pouces de longueur; les autres rondes, d'environ 10 pouces de diametre, sur 4 pouces de hauteur. Celles-ci contenoient la même matiere que les autres, mais en plus grande quantité, et devoient servir pour les plus grandes distances. Ces boîtes étoient d'une volige extrêmement mince, reliée avec de la ficelle. A la surface supérieure étoit pratiqué un trou recouvert d'un papier collé, que l'on crevoit pour introduire la mèche et mettre le feu à une poudre jaune extrêmement fine, et qui s'allumoit avec la promptitude de la poudre à canon, mais sans explosion. Les parois de la boîte brûloient en même temps que la matiere, ce qui étoit absolument nécessaire pour ne pas cacher le foyer de lumiere, produit par une flamme très-vive, mais qui ne s'élevoit guere d'avantage que celle d'une torche ou d'un très-gros flambeau de poing. Le temps de la combustion des plus grosses boîtes, n'excédoit pas deux minutes trois-quarts, ni le vent ni la pluie ne pouvoient les éteindre. Du cap Blancnez, le 29 Septembre, j'ai apperçu, à la vue simple, le feu allumé par M. le Gendre, à Dunkerque, aussi brillant que Vénus à l'horison dans sa grande clarté, la distance est de vingt mille toises. Du Montlambert, le 6 Octobre, par un temps couvert et brumeux, au travers de la pluie qui tomboit de temps en temps, M. Méchain apperçut distinctement à la vue simple les feux du Général Roy, allumés près d'Oré, à la distance d'environ 40 milles, d'où l'on peut présumer que par des temps favorables et sur des lieux suffisamment élevés on appercevroit ces feux à quatre-ingt milles de distance. Mais ce qui paroitra peut-être plus extraordinaire, c'est qu'une simple lampe de *Kinquet*, placée devant un réverbere, dans une lanterne ordinaire, ait été apperçue de Montlambert à *Lid*; dans la lunette du quart de cercle de M. Méchain, elle paroissoit comme une étoile de

la huitième grandeur. La distance des deux lieux est cependant de 30 mille toises , on peut juger par-là du parti que l'on peut tirer de cette espèce de signaux dans les opérations géographiques , où ils peuvent procurer une plus grande perfection dans *le pointé* , que celle qu'on obtient de l'observation en plein jour des fleches des clochers ou d'autres objets souvent mal distincts et dont l'apparence varie sans cesse.

Quoique , du 29 Septembre au 17 Octobre , notre principale occupation fut de donner au Général Roy les signaux qu'il nous avoit demandés , nous ne laissâmes pas cependant de nous occuper de plusieurs observations et déterminations préliminaires.

Dans l'intention de reprendre la chaîne de triangle, autrefois formée par mon pere , et de remonter de Boulogne à Dunkerque , jusqu'à la Méridienne , nous nous mîmes en devoir , M. Méchain , à Montlambert , M. le Gendre et moi au Blancnez , d'observer divers angles. Je fus d'abord assez étonné de la différence que je trouvai entre mes déterminations et celles qui sont consignées dans la Méridienne vérifiée (1) , quoique j'observasse les mêmes objets. Me voici , disois-je , ainsi que mon pere , sur le cap Blancnez , voilà ce même corps-de-garde où il a observé (2). Je prends ainsi que lui l'angle entre le clocher de Notre-Dame de Calais et le Moulin de Fiennes. Je devrois donc trouver à quelques secondes près le même résultat , pourquoi différons-nous considérablement. Je tournois envain autour du corps-de-garde , pour y prendre diverses stations , je ne retrouvais jamais mon compte ; d'où cela pouvoit-il venir ? J'avois , je l'avoue , autant de peine à soupçonner l'erreur d'un côté que de l'autre. Je ne pouvois m'être trompé sur le clocher de Notre-Dame de Calais ,

(1) Dans la Méridienne vérifiée , pag. 168 , l'angle au signal de Blancnez , entre Calais et le moulin de Fiennes , est de $68^{\circ} 36' 55''$. je le trouvois de $69^{\circ} 14' 3''$, l'angle entre Calais et Douvres , selon la Méridienne vérifiée , étoit de $120^{\circ} 0' 25''$. (pag. 169) je le trouvois de $119^{\circ} 46' 3''$.

(2) Dans la feuille imprimée des distances à la Méridienne et à la Perpendiculaire des principaux points de la carte d'Ambleuse , n° 21 , le corps-de-garde de Blancnez est spécialement indiqué.

restit à vérifier si le moulin que j'avois observé étoit celui de Fiennes. Je m'y transportai pour le mieux reconnoître et je n'eus plus aucun doute, lorsqu'en y arrivant je trouvai ce moulin seul et unique dans le pays, connu sous la dénomination de moulin de Fiennes, et de plus très-solide construit en pierre d'une bâtisse, en apparence, fort ancienne. Je pris plusieurs angles, un sur-tout, entre Calais et le dernier objet que je pus appercevoir à l'Orient, et qu'on me dit être la tour de *Watten*. Mais ce fut une nouvelle surprise, lorsqu'à notre retour, ayant comparé les résultats de mes observations à ceux de la Méridienne vérifiée, je trouvai encore des différences inexplicables. Je reconnus d'abord très-évidemment, que l'Indicateur m'avoit trompé sur la tour de *Watten*, qui devoit se trouver trois degrés plus à l'Orient que l'objet qu'il m'avoit fait observer. Cette connoissance, à la vérité, ne fesoit qu'augmenter mon embarras. En effet, l'objet que j'avois pris pour la tour de *Watten* (1), étoit le dernier que l'on put appercevoir, à cause d'un rideau qui s'élevoit vis-à-vis du moulin et qui terminoit l'horison de ce côté là. Comment donc étoit-il possible qu'anciennement ont eût observé trois degrés par-delà la tour de *Watten*? Je me hâtai de retourner au moulin, et reconnoissant bientôt l'impossibilité physique qu'on eût mesuré de ce même moulin, l'angle entre Calais et la tour de *Watten*, je m'informai, je questionnai, et j'appris enfin qu'anciennement le moulin de Fiennes étoit situé à quelques toises plus haut; qu'en outre il étoit construit en bois, ayant, comme il est d'usage, sa porte élevée à une vingtaine de pieds du sol, ce qui avoit donné à mon pere la facilité d'appercevoir et d'observer la tour de *Watten* par dessus le rideau qui me la cachoit dans le nouveau moulin, tout alors fut bientôt expliqué; car je soupçonnai que ce qui étoit arrivé à Fiennes, avoit eu également lieu au cap Blancnez, et je ne me trompai pas. Ayant questionné les anciens du pays, j'appris que le corps-de-garde n'étoit bâti que depuis quelques années à la place où je le voyois, et que l'ancien étoit dans un emplacement plus rapproché vers Calais, ce qui

(1) Je reconnus par la suite que cet objet étoit l'Abbaye de *Ravensbergue*.

s'accordoit

s'accordoit parfaitement avec les différences qui existoient entre les mesures prises par mon pere et par moi (1).

D'après la connoissance de ces changemens, dans divers points de l'ancienne chaîne de triangle que nous voulions former de nouveau, nous jugeâmes inutile désormais de nous astreindre à prendre les mêmes points de stations. De sorte qu'en abandonnant le moulin de Fiennes, nous portâmes dans la suite un signal sur une butte qui en est éloignée d'environ 300 toises, élevée par M. le Prince de Croy, et dont la position étoit beaucoup plus avantageuse à tous égards. Mais revenons aux autres opérations qui nous occuperent dans l'intervalle de nos signaux de feux.

Dans l'intention de déterminer avec précision l'élévation de toutes nos stations au dessus du niveau de la mer, dont le Général Roy avoit particulièrement besoin, nous mesurâmes; avec beaucoup de soin, MM. Blagden, le Gendre et moi, la hauteur des divers étages ou planchers du clocher de Notre-Dame de Calais, au dessus du pavé de l'Église (2). M. de Berthois, Ingénieur en chef, ayant bien voulu nous communiquer ses nivellemens, nous reconnûmes que la hauteur de ce

(1) Cet exemple de changement de position, arrivé dans un intervalle de 50 années, nous a paru digne d'être cité pour prévenir et rendre circonspects dans leurs critiques ceux qui, par la suite, venant à vérifier partiellement les mesures prises dans le cours des opérations géométriques faites en France, tant pour la description de la Méridienne que pour la levée de la carte générale du Royaume, ne se trouveroient pas tout à fait d'accord avec les anciennes déterminations.

(2) Mesures prises le 30 Octobre 1787, perpendiculairement au dessous de la fleche et au centre du clocher de Notre-Dame de Calais.

	au dessus du pavé de l'Église.			au dessus de la basse mer.		
	75	0	lig.	94	0	lig.
Élévation du 2 ^m e plancher qui porte les cloches.	75	0	lig.	94	0	lig.
Du 3 ^m e plancher ou sol de 1 ^{re} galerie extérieure.	107	5	6	126	5	7
Du parapet de cette galerie.	112	11	6	131	11	7
Du 4 ^m e plancher	127	1	6	146	1	7
Du 5 ^m e plancher	138	0	6	157	0	7
Du 6 ^m e planch. ou sol de la 2 ^m e galerie extérieure.	148	7	6	167	7	7
Du parapet de cette galerie	152	3	6	171	3	7
De la boîte à feu, allumée sur le clocher. . . .	153	10	6	172	10	7

B

pavé, au dessus du niveau de la mer basse, étoit de 19 pieds une ligne, et nous en conclûmes entr'autres résultats, que la hauteur du parapet de la plus haute galerie extérieure du clocher, où M. Blagden avoit établi ses feux étoit de 171 pieds 7 pouces 7 lignes, et celle du parapet de la galerie inférieure, de 131 pieds 11 pouces 7 lignes; ces deux termes devoient particulièrement nous servir à la détermination des hauteurs des autres situations d'où ils pourroient être observés. Nous pensions, à la vérité, que nous n'avions aucune opération à faire, pour connoître celle de la station du Blancnez; en effet, dès notre première visite au corps-de-garde, nous avons remarqué une inscription gravée sur marbre, au dessous de l'appui extérieur d'une fenêtre de l'avant-corps qui donne vers l'Ouest du côté de la mer, elle étoit conçue en ces termes :

Le 30 Juin 1757 (1). . . . M. le Prince Croy, la distance de l'angle Nord de la maison du Guetteur, à la Falaise, et cette distance mesurée en relevant la toise de niveau et suivant l'alignement du pignon, s'est trouvée de 132 toises 5 pieds 5 pouces; le niveau du rez-de-chaussée de cette maison est 83 toises 1 pied 11 pouces au dessus du niveau de la basse mer, et de 80 toises 3 pouces 9 lignes au dessus du bas des falaises.

Et dans l'intérieur du même avant-corps, une autre inscription, écrite en gros caractere, sur papier collé sur bois, étoit suspendue au dessus d'une ligne tracée en rouge, sur le mur, et portoit ce qui suit :

D'ici au château de Douvres, il y a 18424 toises, et d'une falaise à l'autre sur le même alignement, il y a 18151 toises.

Cette ligne est de 504 pieds 11 pouces au dessus du niveau de l'aisse de basse mer.

Rien sans doute n'étoit plus positif que ces inscriptions, rien ne portoit plus le caractere de l'exactitude et n'étoit plus fait pour inspirer la confiance, cependant rien n'étoit plus fautif que cette détermination. C'est ce que nous reconnûmes bientôt par les vérifications

(1) Mots effacés: il y avoit sans doute, *on a mesuré par les ordres de*

variées que nous jugeâmes à propos de faire. La trop grande confiance dans l'autorité d'autrui, a souvent perpétué bien des erreurs ; le Savant qui s'y laisse tromper, n'a point d'excuse et l'on est en droit d'accuser sa paresse, pour peu qu'il ait eu la possibilité de la vérification. C'est d'après ces principes que nous crûmes devoir vérifier la hauteur du cap Blancnez, indiquée par l'inscription, et nous reconnûmes que le sol du corps-de-garde ou de la maison du Guetteur, n'étoit élevée que de 421 pieds, au lieu de 505 que portoit l'inscription. M. Méchain, qui de son côté, au Montlambert, ne s'occupoit pas moins utilement que nous, ayant fait plusieurs observations pour déterminer son élévation et la rapporter à celle du cap Blancnez, reconnut la même erreur.

Dans nos fréquens voyages au cap de Blancnez, nous avions eu lieu de remarquer combien il étoit rare dans cette saison d'appercevoir le château de Douvres et les divers objets de la côte d'Angleterre, assez distinctement pour prendre des angles, sur-tout avec le cercle entier d'un pied de diamètre. Cet instrument ne devoit me procurer la singulière précision que j'en attendois, qu'autant que je pourrois multiplier les observations, et jouir par conséquent pendant plusieurs heures de suite des circonstances favorables. Or les vapeurs qu'éleve sans cesse l'interposition de la mer entre les deux côtes, causoient une variation perpétuelle dans la distinction des objets. Dans l'espace de dix-huit jours il n'y en eut que deux où la côte d'Angleterre parut assez constamment nette, pour me laisser appercevoir sur la tour de Douvres un mât que le Général Roy avoit fait élever au point précis de la station d'où il avoit observé nos premiers feux. On juge de l'empressement avec lequel je saisis l'occasion de faire l'essai de mon instrument, et de prendre les angles de jonction entre Calais, Douvres et Montlambert ; ce fut, à la vérité, avec un succès qui me donna de grandes espérances pour la suite de nos opérations. En effet, à trois reprises différentes mon instrument me donna constamment l'angle entre Douvres et Calais de la même grandeur, dans la même seconde ; et sur le tour entier de l'horison, formé par trois angles sur Calais, sur Douvres et sur Montlambert, je ne trouvai que 8 secondes et de-

mie d'erreur. Quant aux autres objets de la côte d'Angleterre , plus éloignés que Douvres , je ne pus les appercevoir assez distinctement. Une seule fois je parvins à observer les tours de Lid & de *New-Romney*. L'Église d'Ore , un des points désirés de la jonction , étoit trop éloignée , d'ailleurs elle ne fut jamais visible qu'au coucher du soleil , et pas assez long-temps pour mon instrument. Mais M. Méchain , après avoir pris les angles à Montlambert , voulut bien se transporter au cap Blancnez avec son quart de cercle , dont les lunettes plus grandes et plus fortes que les miennes , avoient de l'avantage pour les très-grandes distances , n'exigeoient que très-peu de temps pour l'observation , et lui permettoient d'ailleurs de prendre les angles de nuit , sur les feux du Général Roy (1). M. Méchain détermina donc l'angle entre Ore et Montlambert ; nous eûmes ainsi la satisfaction de ne pas quitter nos premières stations , sans avoir fait la jonction des deux côtes.

N'ayant plus de feux à allumer , après le 17 Octobre , nous nous rendîmes tous à Calais. Le 18 M. Blagden repassa en Angleterre ; de notre côté , voyant que la saison ne pouvoit devenir que de plus en plus défavorable à nos opérations , nous ne perdîmes pas un instant pour tâcher de les terminer. Nous partîmes dès le 19 , et nous nous rendîmes d'abord à Watten , dans l'intention de reconnoître cette abbaye de Ravensbergue , que nous avions observée du moulin de Fiennes , et d'en faire , s'il étoit possible , un des points de nos triangles ; mais à cause du mauvais temps nous ne pûmes aller à Ravensbergue que le 21 , non ; sans beaucoup de peine , car dans ce pays où tous les transports se font sur les canaux , on trouve difficilement des chevaux et des voitures pour aller dans l'intérieur des terres. Nous parvînmes cependant à nous procurer un tombereau pour nos instrumens , et n'ayant pu avoir de chevaux pour nous , il fallut aller à pied. Nous avions regardé comme très-facile ce trajet , puisqu'il n'étoit que d'environ une lieue et demie ; mais les pluies affreuses qui régnoient de-

(1) Le Général Roy allumoit aussi des feux sur la côte d'Angleterre , dans les différents lieux de station où il se trouvoit.

puis un mois et la qualité du sol le plus fangeux que j'aie vu de ma vie , nous firent éprouver dans cette courte excursion plus de fatigues et de désagrémens que nous n'en avions encore eu. Nous doutions à chaque instant si nous pourrions aller plus avant , soit à pied , soit en voiture. Arrivés enfin à l'abbaye , nous trouvâmes une impossibilité absolue de nous établir dans le clocher & d'y faire la moindre observation ; il fallut donc s'en retourner à Watten par les mêmes chemins , qui n'étoient que plus dangereux , à cause de certaines descentes où il falloit abandonner le tombereau à lui-même , parce que dans ce pays les chevaux n'ont pas de reculemens pour retenir la voiture.

N'ayant pu observer à Ravensbergue , nous prîmes le parti d'établir notre station sur la tour de Watten ; mais comme elle n'étoit point visible du nouveau moulin de Fiennes , nous nous déterminâmes à substituer à ce moulin une butte élevée , qui en étoit proche , sur laquelle il étoit facile d'établir un signal visible en même temps de Montlambert , de Calais et de Watten. M. le Gendre voulut bien se charger de l'établissement de ce signal. Il se rendit aussi-tôt à Fiennes pour cette opération , et pendant ce temps nous allâmes , M. Méchain et moi , droit à Dunkerque , commencer la mesure des angles de la chaîne de triangle qui devoit joindre Douvres à la Méridienne. En partant de Watten , nous eûmes soin de faire élever un signal sur la tourelle exagone , qui domine la grande tour carrée de l'ancienne maison des Jésuites.

Nous arrivâmes le 22 au soir à Dunkerque , par une pluie épouvantable qui nous avoit accompagné depuis Watten. Nous étions , à la vérité , fort habitués à cette manière de voyager ; mais nous ne pouvions nous accoutumer à la fâcheuse idée d'être forcés , si le temps continuoit , d'abandonner nos opérations et de les remettre à l'année suivante. Le lendemain de notre arrivée à Dunkerque , un ciel plus favorable ranima un peu notre courage , nous montâmes sur la grande tour , située vis-à-vis de la paroisse , et nous étant placé sur la plateforme supérieure , nous prîmes en même temps M. Méchain avec son quart de cercle de deux pieds et demi de rayon , et moi avec mon

cercle de six pouces, les mêmes angles entre Calais, Watten, Cassel et Hondscotte, nous ne pûmes appercevoir Douvres. Le Guetteur, M. Garcia, nous assura l'avoir plusieurs fois observé du haut de la tour de Dunkerque; mais il faut pour cela une saison bien propice, un horison d'une grande pureté, enfin une réunion de circonstances infiniment rares, et que nous étions bien éloignés d'espérer dans le moment où nous nous y trouvions (1).

Ayant réussi à prendre à Dunkerque tous les angles dont nous avions besoin, nous partîmes dès le lendemain pour nous rendre à Hondscotte, qui n'en est éloigné que de quatre petites lieues; mais passé Bergues nous trouvâmes des chemins qui ralantirent fort notre marche. Nous n'avions heureusement qu'un seul angle à prendre à Hondscotte. (2) Un petit accident arrivé à l'une des vis du pied de mon cercle retarda un peu notre opération, il fallut la réparer, et ce ne fut pas la seule occasion où nous eûmes à nous louer de la complaisance et de l'adresse de M. Carrochez, célèbre Opticien, qui étant venu nous joindre à Calais pour passer en Angleterre avec nous, avoit bien voulu nous accompagner dans cette excursion et se charger du gouvernement de nos instrumens. Sitôt qu'il eut réparé la vis et l'ébranlement de plusieurs pieces, causé par les secousses que la voiture avoit éprouvée dans la mauvaise chaussée de Bergues, nous montâmes au clocher et reconnûmes bientôt la difficulté qu'il y auroit à y transporter le quart de cercle de M. Méchain, que son poids et sa grandeur rendoient très-peu maniable dans les escaliers étroits et sur les mauvaises échelles qui conduisent ordinairement au haut des clochers, sans parler des risques que l'instrument et ceux qui le portoient pouvoient courir dans ces passages difficiles. Le cercle, au contraire, par sa légèreté et son petit volume, pouvoit parvenir par-tout, et se placer dans les plus petits endroits. En conséquence, pour ne pas perdre de

(1) Le même M. Garcia nous dit avoir mesuré deux fois, avec exactitude, la hauteur de la plate-forme de la tour de Dunkerque au dessus du sol, et l'avoir trouvé de 160 pieds 9 pouces.

(2) Nous avions jugés à propos de prendre la distance ou le côté de Dunkerque à Hondscotte, pour base de nos triangles.

temps à des essais incertains et même dangereux, nous décidâmes de laisser en bas le quart de cercle, de ne faire usage que du cercle entier. Nous nous établîmes dans la galerie extérieure du clocher; M. Méchain voulut bien se réunir à moi pour l'observation, il se chargea de pointer sur Dunkerque, moi sur Cassel, et faisant passer les lunettes successivement de l'un à l'autre, nous prîmes vingt-deux fois le même angle dont les valeurs, dans les quatre derniers résultats, ne différoient entr'elles que de quelques dixièmes de secondes. Cette réunion de deux observateurs procure à la vérité une plus grande uniformité et perfection dans la manière de pointer sur l'objet, moins de fatigue pour l'œil, plus d'exactitude dans l'estime et l'évaluation de la mesure de l'angle; dans cette occasion nous eûmes encore l'avantage d'avoir un temps très-favorable, des objets très-districts et faciles à observer, d'autant qu'en partant de Dunkerque, nous avions fait grossir avec une botte de foin la petite fleche et le coq de la cabane du Guetteur, qui est au dessus de la tour.

Les stations de Dunkerque et de Hondscotte étant achevées, nous passâmes aussi-tôt à Cassel. Il fallut reprendre la mauvaise chaussée de Bergue, la pluie continuelle qui nous accompagna dans toute notre route, vint renouveler nos anciennes craintes; arrivés à Cassel, nous montâmes sur le clocher de l'Église Notre-Dame que nous avions observé de Dunkerque et de Hondscotte nous reconnûmes ici encore plus d'impossibilité qu'à Hondscotte de nous servir du quart de cercle. Les escaliers étoient très-étroits et les échelles pour arriver au haut du clocher étoient en fort mauvais état. Nous ne trouvâmes dans l'intérieur aucune place d'où l'on put appercevoir nos stations. De loin nous avions cru qu'il régnoit une galerie supérieure au clocher, mais ce n'étoit qu'une gouttière d'un pied et demi de large, qui servoit de base à un petit toit, avec un parapet fort peu élevé. Il fallut bien cependant s'établir dans cet endroit. A l'un des angles nous fîmes construire un petit échafaud pour y asseoir le pied du cercle entier, nous tenant appuyés sur le toit, nous nous réunîmes, M. Méchain et moi, comme à Hondscote pour prendre les angles; notre position à la vérité étoit peu commode et pouvoit devenir dangereuse, s'il se fût élevé du vent dans

l'intervalle des trois heures qu'il nous fallut pour mesurer les deux angles entre Hondscote, Dunkerque, et Calais. Heureusement il fit un temps assez calme, le ciel fut seulement très-couvert et on avoit quelque peine à appercevoir le coq de la cabane du Guetteur sur la tour de Dunkerque. Ces circonstances du temps et de l'incommodité de notre position, contribuèrent sans doute à l'erreur d'environ 4 secondes, que nous avons eu lieu de soupçonner dans l'angle, entre Hondscote et Dunkerque, erreur que nos succès précédens nous faisoient regarder comme considérable, et qui n'auroit certainement pas eu lieu dans d'autres circonstances où nous aurions poussé beaucoup plus loin la mesure de l'angle, mais notre position gênante et dangereuse et le mauvais temps qui se préparoit, nous pressèrent de finir notre opération; en effet, nous fûmes à peine descendus de notre échafaud et du clocher de Cassel, que les pluies recommencerent comme à l'ordinaire, et ne cesserent plus pendant trois jours. Dans cet intervalle nous nous rendîmes à Watten, et fîmes transporter nos instrumens dans la grande tour de la maison des Jésuites, qui est située à quelque distance de ce bourg, sur la hauteur qui le domine.

Nous ne pûmes commencer à y observer que le 29 vers midi. Le signal placé se trouvoit sur la tourelle exagone, qui renferme l'escalier montant à la grande tour carrée. Le diamètre de la tourelle est d'environ six pieds, et les faces de la grande tour de 38 pieds dans œuvres. M. Méchain plaça très-facilement son quart de cercle sur la platte-forme de la tourelle auprès du signal, je me postai avec mon cercle entier au dessous sur la platte-forme de la tour carrée, et nous prîmes chacun, séparément, les angles dont nous avons besoin. Le temps étoit beau, mais le grand éloignement de Dunkerque et de Calais, rendoit la distinction de ces objets un peu difficile. On ne pouvoit même appercevoir que rarement le coq de la cabane du Guetteur à Dunkerque; à la vérité, comme cette cabane surmonte la platte-forme de la tour, il étoit assez facile d'y prendre un terme constant pour le mirage. Lorsque que nous vîmes à prendre l'angle de Calais et du signal que M. le Gendre avoit fait élever sur la butte de Fiennes, nous nous aperçûmes que ce signal avoit une forte in-

clinaison,

clinaison, causée par les vents affreux qui avoient régnés, et avoient d'autant plus de prise sur lui, que pour le rendre visible de plus loing, on l'avoit fort grossi. Cette circonstance nous détermina à nous rendre très-promptement à Fiennes, pour y mesurer l'inclinaison actuelle du signal et déterminer la correction de l'erreur, qui devoit en être résultée sur la mesure de l'angle faite à Watten.

Arrivés à la butte de Fiennes le 31, vers midi, nous reconnûmes avec plaisir que l'inclinaison du mât n'avoit pu augmenter depuis que nous l'avions observée, d'autant que ce mât se trouvoit soutenu par le banc de pierre, fort près duquel il avoit été placé. Nous mesurâmes donc avec soin l'angle d'inclinaison et la direction du plan relativement à la ligne de Watten, ce qui nous donna une correction de 6 secondes, 3 dixièmes additives à l'angle mesuré à la dernière station entre ce signal et Calais. Ce fut là toute l'opération que nous pûmes faire le premier jour, car nous fûmes accueillis sur cette butte isolée d'un vent et d'une pluie qui durèrent toute la journée; il fallut faire transporter et déposer nos instrumens dans le moulin de Fiennes, éloigné d'environ 300 toises, et nous retournâmes coucher à *Guignes*. Le lendemain, de retour dans le même lieu, nous y éprouvâmes du matin au soir un temps encore plus affreux que la veille, et qui nous mit dans la nécessité de faire construire en ce lieu un abrit pour nos instrumens et pour nous mêmes. Nous nous occupâmes d'abord à redresser le signal, moyennant des arcs-boutans qui devoient en même temps former le toit d'une cabane à la manière des charbonniers, mais ces préparatifs heureusement devinrent en partie inutiles.

Nous avons remarqué que tous les jours les vents violens et la pluie ne commençoient que vers neuf ou dix heures du matin, nous résolûmes de prévenir le mauvais temps; nous partîmes donc de *Guignes* le 2 Novembre, au lever du soleil, pour nous rendre à notre station, qui en étoit éloignée d'une lieue, et nous eûmes le temps le plus favorable. Nos opérations furent achevées très-heureusement avant midi, peu après le vent s'éleva, une pluie affreuse succéda, et ne nous quitta pas jusqu'à Calais, où nous retournâmes le même jour. La nuit suivante fut même très-funeste à un navire Anglois, qui vint

échouer sur la cote à deux cents toises de la jettée de Calais, vers le Nord. Il n'y eut que deux hommes de l'équipage qui purent se sauver.

Nous étions convenu, avec M. Blagden, avant de nous séparer, qu'à notre retour à Calais, on nous allumeroit sur le mât de Douvres un réverbère, aussi long-temps et à tels jours que nous le demanderions pour pouvoir prendre avec plus d'exactitude nos angles sur ce mât qui, de jour, étoit trop rarement visible et trop difficile à appercevoir ; j'écrivis donc, à Douvres, à M. Hay, Officier du Génie, pour le prier de vouloir bien faire allumer le réverbère sur le château de Douvres, & le tourner les 5, 6 et 7 Novembre vers Calais, le 9, 10 & le 11 vers Montlambert. Les mêmes jours et aux mêmes instans, nous devions de notre côté allumer un second réverbère sur Blancnez, tourné d'abord vers Calais, ensuite vers Montlambert, afin de pouvoir dans ces lieux prendre les angles entre les lumieres.

Dans l'intervalle, nous fîmes nous deux, M. le Gendre, une excursion à Gravelines, pour mesurer la hauteur de la boule du clocher, que le Général Roy desiroit avoir par une mesure directe. Nous trouvâmes heureusement tout ce que nous pouvions souhaiter à cet égard chez M. Lauwrens, Ingénieur en chef, qui nous communiqua des Mémoires de M. de Fourcroy, sur le nivellement des environs de Gravelines, où se trouvoient toutes les mesures dont nous pouvions avoir besoin (1). Nous montâmes ensuite dans la galerie du clocher, et quoi que Gravelines ne fût pas un des points de notre chaîne, nous y primes, avec le cercle entier, plusieurs angles entre Dunkerque,

(1) Les voici telles que nous les avons prises dans les mémoires originaux, mais il faut faire attention que ces Messieurs sont dans l'usage de supposer en l'air une ligne imaginaire qui sert de point de départ à leur nivellement, nous avons fait la réduction à côté.

	Abaissement.			Elévation.		
	Pieds	Pouc.	Lig.	Pieds	Pouc.	Lig.
Laisse réduite de basse mer, de vive eau . . .	609	0	9	22	5	3
Pavé de l'Eglise à plomb au dessous de la fleche.	586	6	9	112	11	3
Sol de la galerie extérieure du clocher	496	0	9	116	10	3
Sommet de la balustrade de ladite galerie. . .	492	1	6	199	4	0
La pierre au sommet de la fleche	409	8	0	210	6	1
Le coq de la fleche	398	5	11			

Watten, Fiennes et Calais. Là, je m'aperçus que le signal de Watten, avoit été renversé, sans doute, par le dernier coup de vent, et le soir même, de retour à Calais, j'envoyai un exprès pour le faire relever aussi-tôt, espérant commencer dès le lendemain notre station au clocher de Calais. En effet, le temps fut très-beau. M. Méchain s'établit avec son quart de cercle dans la galerie basse, moi, avec mon cercle entier dans la galerie haute. On voyoit très-bien le château de Douvres, mais nullement le signal (1). Comme je savois assez bien la position qu'il devoit avoir sur la tour, je ne voulus point échapper cette occasion rare d'un bel éclairci, et je pris l'angle entre Douvres et Blancnez. L'après-midi, à l'aide d'une très-forte lunette et dans un moment favorable, j'aperçus le mât, et je vis avec plaisir que la position étoit celle que j'avois jugée par estime. Au reste, je me flattois d'en faire la vérification sur le réverbère, qui devoit être allumé le soir, & que nous aperçûmes effectivement à 6 heures, mais il disparoissoit sans cesse, la violence du vent qui avoit régné toute la journée, avoit augmenté aux approches de la nuit, et éteignoit à chaque instant ce réverbère, ainsi que nous l'avons appris par la suite. Celui de Blancnez que j'avois fait abriter par une cabane, fut toujours très-brillant. Il étoit, à la vérité, quatre fois plus proche de nous que celui de Douvres. M. Méchain parvint cependant, avec son quart de cercle à prendre l'angle entre les deux réverberes (2). Mais pour moi cela me fut impossible avec le cercle entier, dont l'usage & la construction offrent de très-grandes difficultés pour ces observations nocturnes; je me flattai envain de les vaincre, le peu de longueur et la trop petite ouverture de mes lunettes, me permettoient à peine d'apercevoir un réverbère, qui, à plus de vingt-un mille toises de distance, ne me paroissoit que comme un point lumineux, que le moindre mouvement faisoit dis-

(1) Nous avions prié qu'on augmentât ce signal de volume, mais au lieu de le grossir du haut en bas, on ne l'avoit fait que dans la partie supérieure; ce défaut de continuité avoit beaucoup nui à la distinction de l'objet.

(2) On verra dans la suite qu'il ne se trouva que 6'' de différence entre l'angle mesuré de nuit, par M. Méchain, sur les réverberes, et celui que j'ai mesuré de jour sur les deux mâts, dont l'un ne fut visible que par estime.

paroître. Je me sus donc bien bon gré d'avoir pris de jour l'angle sur Douvres. Le lendemain le temps fut très-mauvais toute la journée ; M. Méchain ayant fini la mesure de ses angles , se rendit au cap Blancnez. Je restai à Calais , et le soir le ciel s'étant éclairci , je montai au clocher de Notre-Dame ; mais je ne pus jamais appercevoir le réverbère de Douvres ; celui de Blancnez étoit toujours très-brillant. Le 7 au matin , j'achevai , malgré le vent , de prendre tous mes angles de la station de Calais , et je me rendis ensuite au cap Blancnez.

M. Méchain venoit d'achever ses opérations au moment où j'arrivai. Il se réunit à moi pour prendre les angles de Calais et de Montlambert , avec le nouveau signal de Fiennes , que nous n'avions pu mesurer lors de notre première station sur ce cap. Le temps étoit beau , mais le soleil qui paroissoit et disparoissoit fréquemment derrière de petits nuages , causerent des variations d'aspect dans le signal de Fiennes qui nous rendirent la mesure de ces angles très-difficile. Nous en vînmes cependant à bout et retournâmes le soir à Calais. J'espérois pouvoir prendre le lendemain quelqu'angle double de vérification dans le clocher de Notre-Dame , ainsi que je l'avois pratiqué dans chaque station , lorsque les circonstances me l'avoient permis ; mais il fit un temps affreux toute la journée , et le soir il y eut un coup de vent terrible. Il devenoit donc de plus en plus pressant de terminer nos opérations par la station du Montlambert , qui nous restoit seule à faire ; nous nous y rendîmes au plus vite.

Arrivés le 9 à Boulogne , nous nous transportâmes le 10 sur le Montlambert , où pendant notre tournée on avoit construit une cabane fort commode. Nous ne pûmes rien distinguer le premier jour ; mais le lendemain nous étant rendu de grand matin à notre station , nous jouîmes d'un horison très-pur. On voyoit parfaitement les falaises de Douvres , mais le château ne fut jamais assez distinct pour nous laisser appercevoir , je ne dis pas le signal , mais même la tour sur laquelle il étoit placé. Ne pouvant espérer un plus beau temps dans cette saison , je vis qu'il falloit renoncer à prendre de Montlambert aucun angle sur le signal de Douvres. Je me contentai donc de prendre le dernier

angle entre les signaux de Fiennes et de Blancnez. Il nous restoit l'espérance d'appercevoir le soir le réverbere de Douvres et celui que nous avions fait allumer au Blancnez, M. Méchain auroit alors mesuré cet angle avec son quart de cercle, mais nous ne pûmes appercevoir celui de Douvres, la distance, en effet, étoit un peu considérable et l'air n'étoit pas assez pur dans cette saison. Il fallut donc terminer là nos opérations.

Ayant ainsi achevé de prendre toutes les mesures qu'il étoit possible d'obtenir, nous nous disposâmes à repasser en Angleterre. Embarqués le 13 Novembre, vers midi, nous descendîmes à Douvres sur les dix heures du soir. Le lendemain de bon matin, nous montâmes au château, dans l'espérance de prendre avec le cercle entier l'angle entre Calais et le Blancnez. Cette mesure étoit bien intéressante, elle devoit nous donner le troisieme angle du triangle, dont nous avions mesuré les deux autres angles sur la côte de France. Elle nous auroit en outre procuré une comparaison curieuse entre les résultats donnés par notre instrument, et l'instrument Anglois, qui avoit déjà déterminé ce même angle. Mais nous ne pûmes avoir cette satisfaction. Il fallut même perdre toute espérance, de nous satisfaire à cet egard, lorsque nous reconnûmes que même par le beau temps, la côte de France dans cette saison ne paroissoit plus assez distincte pour ces sortes d'observations. Après trois jours d'attente et d'essais inutiles, nous partîmes pour Londres, en laissant à Douvres notre instrument. Nous y revînmes après un séjour de trois semaines en Angleterre, nous voulûmes faire encore une tentative pour la mesure de l'angle de Calais et de Blancnez, mais elle fut aussi infructueuse que les premières.

Ce seroit ici le lieu de rendre compte de l'accueil favorable que nous avons reçu dans le court séjour, que nous avons fait à Londres et aux environs, particulièrement de la part de Messieurs de la Société Royale, et de M. le Chevalier *Banks*, Président; de décrire les objets intéressans, qui ont excité notre curiosité, et que l'on s'est prêté avec complaisance à nous faire connoître. Mais en nous livrant à l'expression de notre reconnaissance, en parlant des personnes et des choses,

qui ont mérité tout notre intérêt, nous craindrions de trop nous écarter de notre sujet. Nous nous hâterons donc d'entrer dans le détail des opérations, dont jusqu'ici, nous n'avons donné que l'historique, lequel n'a d'autre intérêt et d'autre but que d'instruire des circonstances, qui ont accompagnées ces mêmes opérations, et ont plus ou moins concouru à l'exactitude des résultats.



C H A P I T R E I I.

Description du Cercle à deux lunettes.

ON a vu précédemment que nous avons fait usage dans nos opérations d'un instrument qui nous a procuré la mesure des angles, avec une précision jusqu'alors inconnue dans les mesures géodésiques. Nous devons donc commencer par donner la description de cet instrument, qui est d'un tel avantage dans les opérations trigonométriques, que nous ne doutons pas que par la suite on l'emploie de préférence à tout autre, lorsqu'on sera jaloux d'atteindre à une grande exactitude.

Cet instrument n'est autre chose qu'un cercle entier, d'un pied seulement de diamètre (1), par conséquent d'un volume très-portatif, très-commode, qui se place par-tout, s'établit sans embarras sur le plus petit appui, dans l'espace le plus étroit, et qui, malgré sa petitesse, donne plus d'exactitude que l'on n'en pourroit attendre des grands quarts de cercles (2).

M. Mayer, Astronome, de Gottingen, proposa le premier, en 1767, dans sa *Théorie de la Lune*, de faire usage du cercle entier sur mer, pour mesurer les distances des étoiles à la lune ou au soleil, et fit connoître l'avantage que cet instrument pouvoit avoir sur l'octant; mais Mayer ne tira pas du cercle tout le parti dont il étoit susceptible, ce ne fut que sept ou huit ans après que M. le Chevalier de Borda imagina plusieurs additions et changemens ingénieux, qui porterent le cercle de réflexion à son degré de perfection, et le rendirent d'un usage presque général dans notre Marine (3). La pratique ayant confirmé

(1) On pourroit même le réduire à 10 pouces.

(2) On n'est jamais sûr dans un quart de cercle de l'erreur de la division, et nous verrons que dans un cercle entier cette erreur, telle qu'elle soit, peut être anéantie.

(3) Voyez l'ouvrage que cet Académicien a publié en 1787, intitulé: *Description*

la précision singulière que la théorie annonçoit de la part du cercle entier dans la mesure des angles pris, suivant la méthode de M. le Chevalier de Borda, ce savant s'occupa de l'application de cet instrument aux observations astronomiques pour la mesure des hauteurs verticales, et aux observations géodésiques pour la mesure des angles sur le terrain; en adoptant avec confiance les idées de notre illustre confrère, nous avons fait construire pour notre usage, à l'Observatoire Royal, un cercle de trois pieds; et dans cette occasion de la jonction des deux Observatoires de Greenwich et de Paris, voulant parvenir à toute la précision possible dans nos mesures, nous avons fait exécuter l'instrument que nous allons décrire, et à la construction duquel M. le Chevalier de Borda a bien voulu présider.

Le cercle entier, tel que celui dont nous avons fait usage, est un instrument si simple par lui-même, que nous n'aurons pas besoin d'entrer dans une description très-détaillée des diverses pièces, qui le composent, et que tout artiste est en état d'exécuter (1). L'inspection des planches I et II, le fera suffisamment connoître, en y joignant les explications suivantes.

P L A N C H E P R E M I E R E.

CC, cercle sur champ, à six rayons, taillé intérieurement en biseau, et portant un limbe supérieur DD divisé, et un limbe inférieur NN, non divisé.

LL, lunette supérieure, qui porte les nonius et glisse sur le limbe divisé DD.

FF, lunette inférieure qui glisse sur le limbe NN, qui ne porte aucune division.

tt, talons des lunettes qui les joignent aux règles ou alidades ll qui les supportent.

et usage du cercle de réflexion avec différentes méthodes pour calculer les observations nautiques.

(1) La division est la partie la plus difficile, encore la perfection en est-elle moins essentielle que dans les autres instrumens, puisqu'on a la possibilité d'en diminuer les erreurs autant qu'on le veut.

gg, agraffes

gg, agraffes à ressort qui retiennent les alidades contre les limbes *DD*, *NN*, sur lesquels elles doivent glisser avec les lunettes.

bb, recouvrements des objectifs.

aa, petits anneaux coulans, qui recouvrent une ouverture faite aux tuyaux des lunettes pour pouvoir avancer, reculer, ou tourner le chassis qui porte les fils.

MM, microscopes pour l'estime des divisions.

SS, supports sur lesquels l'axe *AA* tournant en *X*, renverse en même temps la tige *ZZ* perpendiculaire au plan du cercle ainsi que le tambour *BB* qui lui est parallèle, et donne par conséquent l'inclinaison que l'on veut au plan de l'instrument.

H, vis de pression contre un petit quart de cercle *qq*, fixé par le centre à l'axe *AA*, par le moyen de laquelle on maintient l'instrument dans l'inclinaison nécessaire.

GG, grande vis qui tient au tambour supérieur *BB*, et qui engrainant dans la partie inférieure et dentelée *QQ*, fait tourner insensiblement le cercle et les lunettes dans leur plan, au moyen d'un axe fixe et perpendiculaire au cercle *QQ*, qui traverse la tige creuse *ZZ*.

TT, vis qui réunissent la fourche *SKS* au talon *WW*, couronnement de la colonne du pied, et permettent en conséquence de séparer ou de joindre à volonté l'instrument et son pied.

EE, vis du pied à trois fourches (il y en a une de cachée par la colonne.)

V, vis d'engrainage ou pignon, qui donne à la colonne du pied et à tout l'instrument un mouvement général azimuthal sur un axe intérieur à la colonne *O*, lequel axe est fixé perpendiculairement au trépied, ainsi qu'au cercle horizontal, *hh*, qui porte et tient à ce trépied par les talons *zz*.

P, vis de pression pour arrêter le mouvement azimuthal.

P L A N C H E I I.

Les mêmes pièces que dans la Planche première se vöyent, mais en perspective, dans la Planche seconde (*fig. 1^{re}*), et portent les mêmes

lettres ; on y voit de plus , les petites vis de rappel des lunettes vv , avec leur vis de pression pp ; et le ressort R , qui opère le désengrainage de la vis G .

Mouvements de l'instrument.

1°. La colonne O du pied , étant creuse et recevant intérieurement un axe fixé perpendiculairement sur le trépied , cette colonne a sur cet axe un mouvement de rotation qu'elle communique à tout l'instrument , une fois que , par le moyen des vis TT , on a réuni l'instrument à son pied ; et ce mouvement que nous appelons *azimuthal* , s'opère en desserrant la vis de pression P , et faisant tourner la colonne , soit promptement avec la main , soit insensiblement avec la vis à pignon V . Le cercle horizontal hh , sur lequel se fait la révolution , étant gradué , on peut , au moyen de l'alidade , qui porte les vis PV , estimer les angles décrits ou les azimuths.

2°. En desserrant la vis de pression H , on peut faire tourner l'instrument sur l'axe AA , et donner au plan du cercle une inclinaison telle qu'il passe de la position horizontale à la position verticale , et propre aux observations astronomiques.

3°. On peut encore donner à la colonne , & à tout l'instrument un petit mouvement d'inclinaison par le moyen des vis du pied EEE .

4°. Au moyen de la vis G , qui engraine dans le cercle dentelé , placé au dessous du tambour BB , on fait tourner insensiblement le cercle dans son propre plan , quelque soit son inclinaison. Si l'on veut rendre ce mouvement plus prompt , on désengraine la vis G , par le moyen du ressort R , qui est fixé au tambour , et alors , avec la main , on fait tourner le cercle perpendiculairement à l'axe ZZ , et parallèlement au tambour BB , lesquels restent immobiles.

On voit donc que les mêmes mouvements peuvent s'opérer jusqu'à un certain point et par le pied , et indépendamment du pied de l'instrument. C'est à l'Observateur à juger selon les circonstances , du moyen qu'il doit employer (1).

Dimension de l'instrument.

(1) Pour compléter cette description et satisfaire ceux qui seroient dans le cas

Support de l'instrument.

L'on voit en perspective dans la planche II, (*fig. 2*) le support très-commode, et très-portatif dont on fait usage pour l'établissement du cercle, soit en rase campagne, soit sur une tour ou dans un clocher, les trois pieds PPP, se replient en dedans, lorsque l'on veut, et aux trois angles de la planche ou appui triangulaire, sont trois petits sabots de cuivre C, C, C, faits pour recevoir les trois vis du pied de l'instrument. La tige G s'éleve ou s'abaisse à volonté, au moyen d'une cremaillere, pour mettre l'instrument à la hauteur de l'œil de l'Observateur (1).

de faire exécuter un instrument pareil au nôtre, nous allons en donner les principales dimensions.

Du centre à l'extré. des limbes, 6 ^{pouc.} 2 ^{lig.}	Epaisseur, 0 ^{pouc.} 3 ^{lig.} $\frac{1}{4}$.
Largeur du limbe supérieur qui porte les divisions, 6	Hauteur totale de la colonne du pied, y compris le cou-ronnement WW, } 11 6 $\frac{1}{2}$.
Du limbe inférieur, 3 $\frac{1}{2}$.	
Epaisseur des limbes, 1	Grosseur de la colonne en bas, 1 10
Epaisseur totale du cercle sur champ et des deux limbes, . . 5 $\frac{1}{2}$.	en haut, 1 2
Epaisseur des rayons à 14 ^{lig.} du centre, 4 $\frac{1}{2}$.	Diametre du cercle dentelé azimuthal, hh, 2 8
à 5 ^{pouc.} $\frac{1}{2}$ du centre, 0 3	Epaisseur, 0 2
Diametre extérieur de la tige ZZ, 11 $\frac{1}{2}$.	Longueur des branches du trépied, 6 3
Longueur, 3 10	Largeur, 0 4 $\frac{1}{2}$ 6 $\frac{1}{2}$.
Diametre extérieur de l'axe AA, 0 11 $\frac{1}{2}$.	Hauteur, 0 6
Longueur, 3 2	Longueur totale des lunettes LL, FF, 18 6
Haut. totale de la fourche SKS, 4 3 $\frac{1}{2}$.	Grosseur, 1 1
Largeur extérieure, 3 11	Il n'y a que de l'avantage à augmenter la longueur et l'ouverture des lunettes.
Largeur des supports SS et de la branche K, 0 11 $\frac{1}{2}$.	Nous conseillons également d'augmenter l'ouverture de la fourche SKS, les diametres du tambour B et du cercle Q pour rendre plus insensible le mouvement de la vis G.
Epaisseur, 0 4	
Diametre du tambour, 3 1	
Epaisseur, 0 8	
Diametre du cercle dentelé Q, 3 1	

(1) Quoiqu'une fenêtre, un banc ou une grosse pierre puissent servir très-bien d'appui à l'instrument, il vaut toujours beaucoup mieux emporter avec soi un pied de bois, tel que celui que nous décrivons ici, qui est fort commode et d'un transport facile.

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

De l'usage du cercle à deux lunettes pour la mesure des angles sur le terrain.

AYANT établi l'instrument sur son pied & sur son support, dans la place où doit être faite la mesure de l'angle; voici les opérations préparatoires qui doivent précéder cette mesure.

1°. Lâchez la vis de pression P, du cercle azimuthal, & donnez à la colonne O un mouvement de rotation, jusqu'à ce que les deux supports S, S, de l'instrument, se trouvent à-peu-près dirigés entre les deux objets que vous devez observer; fixez ensuite le pied dans cette position en serrant la même vis P (1).

2°. Lâchez la vis de pression H des supports, & donnant un mouvement au plan de votre instrument, cherchez à le placer dans la ligne, ou parallèlement à la ligne qui joint les deux objets, ce qui se juge facilement, en bornoyant de l'œil le limbe supérieur ou inférieur du cercle; fixez le plan dans cette position en resserrant la même vis H.

3°. Rendez mobiles les deux lunettes, et par le moyen de leurs vis de rappel *vv*, amenez la lunette supérieure L sur le point zéro de la division, et ramenez au dessous d'elle la lunette inférieure F.

4°. Faites tourner le cercle sur son tambour, soit au moyen de la vis G, soit en la désengrainant par le moyen du ressort R, et donnant le grand mouvement, jusqu'à ce que la lunette supérieure, fixée sur zéro, se trouve dans la direction de l'objet, qui est à votre droite; et rendant mobile la lunette inférieure, amenez-la dans la direction du second objet, qui se trouve à votre gauche. Dans cette position, si les deux

(1) Cette disposition est la plus favorable pour pouvoir, dans la suite, amener le plan de l'instrument dans le plan des deux objets lorsqu'il est un peu incliné à l'horizon.

objets ne se trouvent pas au centre de vos lunettes, c'est que votre instrument, dans la seconde opération, n'a pas été tout à fait mis dans le plan des deux objets, servez-vous, pour l'y amener parfaitement, des vis du pied *EEE*, elles acheveront d'élever ou de pencher l'instrument (1), suffisamment pour que les deux points remarquables que vous aurez choisi (2), sur les deux objets, dont vous voulez mesurer l'angle, se trouvent précisément au centre de vos lunettes (3).

(1) Faites bien attention que chaque lunette de votre instrument peut être pointée sur un objet de deux manières fort différentes, soit en rendant la lunette mobile, et la faisant glisser sur le limbe immobile du cercle, par un grand mouvement de rotation sur le centre commun, ou par une vis de rappel qui opère le même mouvement, mais plus doux et plus insensible. Soit en rendant la lunette fixe, mais faisant tourner le limbe qui l'entraîne avec lui. Ce mouvement de rotation du limbe peut s'exécuter de deux manières; on peut, premièrement, en lâchant la vis *P*, faire pivoter l'instrument sur son pied, et lui donner ce que nous appelons le mouvement azimuthal, c'est la première opération que nous avons faite; tout alors tourne en même temps dans l'instrument, excepté les trois branches du pied. On peut, secondement, par le moyen de la vis *G*, faire tourner le cercle et les lunettes sur le tambour *B*, et alors le pied, l'axe et les supports restent immobiles; cette seconde manière a l'avantage de faire tourner toujours ensemble le cercle et les lunettes parallèlement et dans le même plan du limbe; c'est aussi la seule manière dont-il faille faire usage dans le cours de la mesure d'un angle où l'instrument doit, autant qu'il est possible, rester toujours dans le même plan; enfin les vis du pied servent aussi quelquefois, lorsque les lunettes doivent rester fixes sur le limbe, à les amener sur l'objet.

(2) Il ne faut point se contenter de prendre pour point de mire l'axe des objets, on sent bien que lorsque l'un est beaucoup plus élevé que l'autre, les fils verticaux des lunettes ne peuvent concourir avec ces axes, il faut prendre un point fixe et déterminé sur chaque objet, tel qu'une boule, un coq, une girouette, une croix, etc., et c'est ce point qui, dans chaque mesure, doit être toujours maintenu et ramené au centre de la lunette, c'est-à-dire à la croisée des fils ou infiniment proche, et sous le fil vertical.

(3) Cette opération, pour mettre le plan de l'instrument parfaitement dans celui des deux points de mire que l'on a pris sur les objets dont on veut mesurer l'angle, demande du tâtonnement, mais l'usage et l'habitude apprennent à l'abrégé. La correspondance des deux plans est essentielle, lorsque l'on vise à une grande exactitude, une fois obtenue il faut la conserver. Si elle cessoit d'avoir lieu dans les divers mouvemens de rotation que l'on donnera à l'instrument, dans le cours de la mesure de l'angle, il faudra toujours, par le moyen des vis du pied *E, E, E*, ramener les mêmes points au centre des lunettes.

5°. L'instrument étant ainsi parfaitement établi, c'est-à-dire, son support et son pied étant fixes, et inébranlables. Son limbe et ses lunettes étant bien disposées dans le plan des deux objets, les vis P, H, et autres semblables, étant suffisamment serrées pour maintenir tout dans le même état, il faut encore, avant de se livrer à la mesure de l'angle, amener la lunette inférieure F, au dessous de la supérieure L, et les pointant sur le même objet, examiner avec soin si la distinction des objets est égale dans l'une et dans l'autre, s'il n'y a point de parallaxe dans les fils, c'est-à-dire, si en déplaçant l'œil à droite ou à gauche du centre de l'ouverture de l'oculaire, les objets resteront fixes sur le fil vertical; enfin, si le fil horizontal de l'une et de l'autre lunette répondent au même point de l'objet ou à la même hauteur (1).

Ces opérations et dispositions préliminaires étant achevées, il ne s'agit plus que de mesurer l'angle entre les deux objets.

Mesure de l'angle double.

1°. Amenez et fixez avec le dernier scrupule la lunette supérieure L, sur le point zéro de la division, par le moyen de la petite vis de rappel *v*; et rendant le cercle mobile sur son tambour (2), tournez le

(1) On obtient la plus parfaite distinction en enfonçant ou retirant l'oculaire; la parallaxe se détruit en avançant ou reculant les fils. Il ne faut pas croire que dans les courses et les transports qu'exigent les opérations trigonométriques, un instrument puisse se conserver absolument dans l'état où il aura été mis une fois. Un Observateur scrupuleux doit donc, dans chaque station, examiner et vérifier l'état de son instrument avant d'en faire usage, rassurer les vis, corriger les mouvemens trop rudes ou trop lâches, mettre toutes les parties dans le meilleur état; le nouvel instrument demande d'autant plus ces précautions que si, faute de quelqu'une, on fait une mauvaise opération, on a perdu un temps bien considérable lorsqu'il s'agit de recommencer.

(2) Pour rendre le cercle mobile sur son tambour, on peut se servir de la vis G qui le fait tourner sur lui-même; mais comme ce mouvement est trop lent pour une grande révolution, il faut, au moyen du ressort R, désangrainer la vis G, et prenant tout simplement le limbe avec la main, on le fait tourner autant qu'il est nécessaire, on rengraine ensuite la vis G en abattant le ressort pour fixer l'instrument; et s'il n'est pas parfaitement dans la position désirée, on l'y amène insensiblement par le moyen de la vis G.

limbe et les lunettes qu'il entraîne avec lui , jusqu'à ce que la lunette supérieure L soit dirigée sur celui des deux objets qui est à votre droite. Le mouvement lent de la vis G , vous servira à conduire le fil vertical sur le point de mire.

2°. Le cercle restant bien fixe, rendez mobile la lunette inférieure F (1), et la faisant glisser sur le limbe, amenez-la sur l'objet à gauche, le mouvement lent de la petite vise de rappel v , vous servira à conduire le fil vertical sur le point de mire, (*planche III, fig. 1*).

3°. Rendez le cercle mobile sur son tambour; tournez le limbe et les lunettes qu'il entraîne avec lui , jusqu'à ce que la lunette inférieure F soit dirigée sur l'objet à droite (*fig. 2*), et par le mouvement lent de la vis G , ramenez le fil vertical sur le point de mire.

4°. Le cercle restant bien fixe, rendez mobile la lunette supérieure L, et la faisant glisser sur le limbe, amenez-la sur l'objet à gauche (*fig. 3*); et par le mouvement lent de la petite vis de rappel v , ramenez le fil vertical sur le point de mire.

Voilà votre premier angle pris; remarquez donc le degré, la minute & la fraction de minute que la ligne de foi de la lunette supérieure marque sur la division du limbe, ce sera le double de l'angle des deux objets que vous avez observés (2).

(1) Pour rendre mobile les lunettes, il faut lâcher la petite vis de pression p , et leur donner à la main le grand mouvement; on serre ensuite la même vis de pression et par le moyen de la vis de rappel v , on les ramène par un mouvement insensible sur le point juste où on veut les fixer.

(2) Soit D, l'objet à droite, G l'objet à gauche (*planche III, fig. 1.*), par l'opération, n°. 1 et 2, la lunette L se trouvera pointée sur D, la lunette F sur G, et comme la lunette L a été fixée sur le zéro de la division, si l'angle entre les deux objets est de 10 degrés, la lunette F répondra au dessous du 10° degré. Ensuite, par l'opération, n°. 3, le cercle seul tourne, les lunettes restent fixes sur le même point du limbe, et seulement la lunette F se trouvant entraînée et mise dans la direction D (*fig. 2.*), la lunette L se trouve en dehors de l'angle, faisant toujours le même angle de 10° avec la lunette F; donc lorsque dans l'opération, n°. 4, on fait mouvoir la lunette L, pour la mettre dans la direction de G, il faut nécessairement que partant de 0, elle décrive pour parvenir à G (*fig. 3*) un arc de 20°, c'est-à-dire double de l'angle des deux objets. L'inspection des figures rend cela suffisamment sensible.

Mesure de l'angle quadruple.

5°. Rendez le cercle mobile sur son tambour, tournez le limbe et les lunettes qu'il entraîne avec lui, jusqu'à ce que la lunette supérieure L, soit dirigée sur l'objet adroite (*fig. 4*), & amenez le fil vertical sur le point de mire.

6°. Le cercle restant bien fixe, rendez mobile la lunette inférieure F, et la faisant glisser sur le limbe, amenez-la sur l'objet à gauche (*fig. 5*), et ramenez le fil vertical sur le point de mire.

7°. Rendez le cercle mobile sur son tambour, tournez le limbe et les lunettes qu'il entraîne avec lui, jusqu'à ce que la lunette inférieure F, soit dirigée sur l'objet à droite (*fig. 6*), et ramenez le fil vertical sur le point de mire.

8°. Le cercle restant bien fixe, rendez mobile la lunette supérieure L, et la faisant glisser sur le limbe, amenez-la sur l'objet à gauche (*fig. 7*), et ramenez le fil vertical sur le point de mire.

Voilà votre second angle pris; remarquez donc le degré, la minute et la fraction de minute que la ligne de foi de la lunette supérieure, marque sur la division du limbe, ce sera le quadruple de l'angle des deux objets (1).

(1) Par la précédente mesure, la lunette L se trouvoit fixée sur 20°, dans l'opération, n°. 5, on l'a amenée sur l'objet D (*fig. 4*), ce qui a rejeté la lunette F en dehors de l'angle. De sorte que pour ramener cette lunette F sur l'objet G, dans l'opération, n°. 6, il a fallu mouvoir cette lunette de 20°, elle étoit précédemment à 10°, elle se trouvera donc répondre à 30° (*fig. 5*); mais par l'opération, n°. 7, les lunettes restent fixes sur 20° et 30°, le cercle seul tourne, et amenant la lunette F sur D, il rejete en dehors de l'angle la lunette L (*fig. 6*); donc lorsque dans l'opération, n°. 8, on fait mouvoir cette lunette L pour la diriger sur le point G, il faut que partant de sa dernière position ou de 20°, elle décrive un angle double de l'angle des deux objets, elle se trouvera donc à 40° (*fig. 7*), angle quadruple de GCD que l'on a voulu mesurer, ... et ainsi des autres mesures.... D'où l'on voit qu'à chaque mouvement particulier des lunettes, elles sont obligés de s'avancer toujours d'un arc double de l'angle à mesurer, parce que le mouvement de rotation du cercle les rejete alternativement hors de l'angle, de sorte que pour se rejoindre, se croiser et aller chercher l'autre objet le plus éloigné, elles parcourent deux fois la

Mesure des angles sextuples, octuples. . . . &c.

Recommencez les opérations N^{os}. 5, 6, 7, 8.

Dans ces différens mouvemens de révolution des lunettes , pour les amener sur les objets , il est facile de se tromper en rendant la lunette mobile par elle-même , lorsque c'est le cercle qui doit tourner et l'entraîner avec lui ; de l'attention et de l'habitude rendront ces erreurs fort rares : voici d'ailleurs quelques préceptes sûrs que l'on peut retenir.

Le mouvement du cercle et celui d'une lunette , sont alternatifs ; le cercle & la lunette ne doivent jamais être mobiles deux fois de suite.

Lorsqu'une des lunettes se trouve en dehors de l'angle , c'est à son tour à être mobile pour croiser l'autre lunette , et être ramenée sur l'objet le plus éloigné. Et lorsque les deux lunettes se trouvent pointées sur les deux objets , c'est autour du cercle à être mobile.

Enfin , l'angle n'est fermé , ou la mesure de l'angle n'est complète , que lorsque la lunette supérieure se trouve pointée sur l'objet à gauche.

valeur de l'angle ; donc , 1^o. la lunette L ou supérieure , parcourant ainsi successivement la circonférence du cercle , peut au bout de quelques mesures parcourir une , deux , trois fois la circonférence du cercle , c'est à quoi il faut prendre garde en ajoutant à chaque degrés sur lequel se trouve la lunette supérieure , autant de fois 360^o. que cette lunette a accompli de révolution entière du cercle ; 2^o. il doit toujours y avoir d'une mesure à l'autre une quantité constante pour différence , égale au double de l'angle cherché , c'est-à-dire à la première mesure ; il est bon en conséquence de calculer tout de suite à chaque mesure cette différence , pour reconnaître et avertir si l'on ne s'est point trompé.



 CHAPITRE IV.

De la précision des mesures prises avec le cercle à deux lunettes.

CE que nous venons de dire précédemment sur la description et l'usage de notre cercle, doit avoir déjà fait juger de la précision que l'on peut obtenir de la part de cet instrument. En effet, il est facile de voir que, comme la mesure de l'angle se fait et se répète successivement sur différens points du limbe, et comme la dernière mesure se subdivise toujours par le nombre de toutes les mesures antécédentes, les erreurs de la division diminuent d'autant plus, que l'on multiplie les observations, de sorte que, comme le dit fort bien M. le Chevalier de Borda (1) : *il ne tient, pour ainsi dire, qu'à la patience de l'Observateur, que ces erreurs ne soient à la fin presque totalement détruites.* En effet, si vous avez reconnu que la plus forte erreur de la division, dans l'instrument dont vous vous servez, monte à 20'', prenez toujours dix mesures doubles de chaque angles, alors s'il vous arrive de tomber définitivement sur un des points le plus en erreur, comme à la dernière mesure vous subdiviserez par 20, l'erreur sera réduite à 1''; & elle eût été zéro sur les autres points (2).

Il est donc très-certain que s'il n'y avoit d'autres sources d'erreurs que celles de la division, on pourroit toujours se flatter d'obtenir la mesure des angles à la seconde même. Mais il faut l'avouer, d'autres causes & d'autres circonstances, qui ne se rencontrent que trop sou-

(1) Dans l'ouvrage cité ci-dessus (pag. 5.)

(2) Un habile artiste tel que le sieur Lenoir répondra de ne pas faire une erreur plus forte que 10 ou 15 secondes, sur la division d'un cercle de six pouces de rayon.

vent dans la pratique, ne permettent point de garantir une pareille précision, qui pourra bien s'obtenir dans quelques angles, mais qui n'aura pas également lieu dans une longue suite d'opérations.

Il faut d'abord considérer que sur un cercle de six pouces de rayon, dont le nonius ne donne que 30''; l'Observateur le plus exercé, ne peut juger par estime qu'à sept ou huit secondes près, et ne répondra non plus qu'à 4'' environ de la coïncidence du nonius avec le zéro de la division, au point de départ. L'on ne craint donc pas de porter à 10'' l'erreur possible, appartenant à ces deux estimés. On sait ensuite que les objets ne se trouvent pas toujours à la même distance de l'Observateur, qu'en conséquence les fils du champ de la lunette se trouvent tantôt plus petits, tantôt plus gros que les objets sur lesquels on les pointe; et dans ce dernier cas, ils les couvre entièrement, et l'on ne peut plus répondre de la parfaite coïncidence du centre de l'objet et du centre du fil. De plus, les Praticiens connoissent les variations d'aspect qu'éprouvent fréquemment les objets plus gros ou plus petits, plus ou moins distincts, selon qu'ils sont plus ou moins éclairés du soleil, ou se détachent sur des teintes plus ou moins favorables (1). Notre instrument est d'autant plus exposé aux erreurs de ces variations, qu'il faut près d'une heure à l'Observateur le plus exercé pour mesurer un seul angle, un nombre de fois suffisant (2). Et pendant une heure, un Observateur en rase campagne ou sur le sommet d'un clocher, éprouve bien des variations de circonstances plus ou moins défavorables, & qui doivent entrer en ligne de compte dans le chapitre des erreurs possibles à commettre. C'est sans doute être modéré de ne porter qu'à 5'', les erreurs qui peuvent résulter de ces inconvéniens dans le mirage des objets, & par conséquent sur la mesure de l'angle.

(1) Si l'objet est éloigné et dans l'horison, la lumière du soleil est plus nuisible que favorable, parce que l'objet éclairé se détache moins bien sur le ciel que lorsqu'il est dans l'ombre.

(2) Le maniement du cercle demande beaucoup d'attention et de douceur dans les mouvemens, pour ne point se troubler dans les mesures, et ne pas fatiguer l'instrument.

L'on voit donc qu'il est très-possible de commettre dans la mesure d'un angle une erreur de 15'', par delà celle qui peut appartenir à la division ; supposons celle-ci pareillement de 15'', la somme des erreurs, en les supposant dans le même sens, montera donc à 30'' (1), et dans ce cas, ce ne sera qu'à la quinzième mesure de l'angle double que cette erreur se trouvera anéantie par la subdivision. Nous n'avons cependant jamais jugé à propos, et il est sans doute inutile de pousser si loin les mesures ; premièrement, parce que cela demande un temps si considérable, que l'Observateur le plus courageux, en seroit rebuté et très-fatigué, d'ailleurs les circonstances de temps et de lieu le permettroient rarement. Secondement, parce qu'il n'est guère à présumer que toutes les erreurs s'accordent à avoir lieu dans le même sens, et que cela arrive précisément à la dernière mesure où l'on s'arrête, qui est celle dont le résultat est préférable aux autres à cause de la subdivision qui atténue d'avantage les erreurs. Mais l'expérience nous a montré, et nos Lecteurs s'en convaincront aussi par l'examen de nos opérations dans le chapitre suivant, que passé la sixième mesure d'angle double, nos résultats ne différoient plus entr'eux que d'une ou deux secondes, et que lorsque les circonstances n'étoient point trop défavorables, il étoit à-peu-près inutile de pousser au delà du dixième angle double, qui ne pouvoit manquer d'être à une seconde près le véritable, précision certainement plus que suffisante pour les opérations, et le but auquel ces mesures sont employées. On peut même remarquer qu'entre les angles conclus, de chaque mesure après la subdivision, il n'y a jamais plus de 10'' de différence entre les plus éloignés, que si l'on se fût contenté de l'angle quadruple, on n'eût jamais été plus loin de l'angle vrai que de 6'', et le plus souvent à 3'' près.

(1) Si l'on décompose en angle double, les mesures rapportées dans le chapitre cinquième, et qu'on déduise l'angle simple, on trouvera qu'effectivement il y a eu quelquefois des différences de 24, 25 et 29 secondes entre les résultats extrêmes ; et que le plus grand écart de ces extrêmes au résultat véritable a été de 17''. Or, l'on voit que ce maximum d'erreur disparaît bientôt ou est incessamment anéanti par la subdivision que procure la multiplication des mesures.

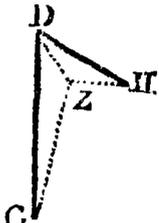
Il nous reste à faire ici une remarque essentielle: il seroit possible, et cela peut arriver souvent, que le nouveau cercle eût donné la mesure parfaite des trois angles d'un triangle, et qu'en les assemblant, il se trouvât une erreur en plus ou en moins sur les 180° ; erreur qui n'appartiendroit nullement à l'instrument ni même à l'Observateur, mais à la réduction qu'on est presque toujours obligé de faire, au centre de la station. Or, il n'est pas toujours fort facile d'avoir la mesure assez précise de la distance à ce centre et de la direction, où a été faite la mesure directe de l'angle, pour ne pas commettre dans la réduction une erreur d'une seconde et au delà. Au reste, pour juger parfaitement du degré de précision, des mesures prises avec le cercle à deux lunettes, il suffit de jeter les yeux attentivement sur le chapitre suivant, où se trouvent les tableaux des diverses mesures de 25 angles de toute grandeur, de toute espece, et pris dans toutes les circonstances favorables et défavorables.

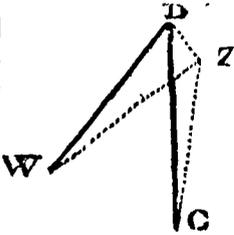


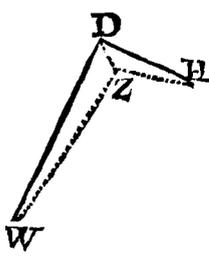
C H A P I T R E V.

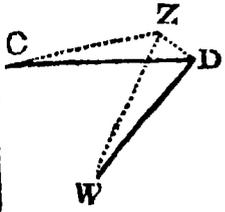
*Angles observés aux différentes stations.*I^{re} S T A T I O N (Planche 4^{me}, fig. 1^{re}.)

A Dunkerque, sur la plate-forme supérieure de la grande tour, à dix pieds et demi du montant de la porte de la cabane du Guetteur, au dessous du coq, pris pour centre. Hauteur de l'œil au dessus du niveau de basse mer, 198 pieds.

Ang. observés.			Ang. conclus.			1 ^{er} Triangle.	$DZ = 10^{\text{pieds}} \frac{1}{2}$; $DZH = 147^{\circ}.33'$; $-C = 8''$, 2; $-H = 23''$, 7.
D.	M.	S.	D.	M.	S.		
1. Hondscotte et Cassel.							<p>Le clocher de Notre-Dame de Cassel est de temps en temps enveloppé par des grains de pluie qui passent à l'horizon. Le clocher de Hondscotte est toujours très-distinct.</p> <p><i>Nota.</i> La lettre Z marquera toujours la place du centre de l'instrument.</p>
102.	15.	22,5	51.	7.	41,0		
204.	30.	22,5			35,0		
306.	45.	37,5			36,0		
409.	1.	4,0			38,0		
511.	16.	35,0			36,3		
613.	31.	37,0			38,0		
715.	47.	0,0			38,5		

2. Cassel et Watten.			2 ^{me} Triangle.			$DZ = 10^{\text{pieds}} \frac{1}{2}$; $DZC = 161^{\circ}.20'$; $+C = 8''$, 2; $-W = 24''$, 1.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.		
2. Cassel et Watten.							<p>La pluie qui survient ne permet pas de pousser plus loin la mesure de cet angle, déjà interrompue une fois par la même cause, et qu'on avoit trouvé par le 8^{me} angle, de $42^{\circ}.7'.20''$, 6. Le signal placé sur la tour de Watten s'apperçoit très-distinctement.</p>
84.	15.	0,0	42.	7.	30,0		
168.	30.	0,0			30,0		
252.	45.	0,0			30,0		
336.	59.	34,0			26,7		
421.	14.	52,0			29,2		
505.	29.	37,0			28,0		

3. Hondscotte et Watten.			Angl. de vérific.			$DZ = 10^{\text{pieds}} \frac{1}{2}$; $DZH = 147^{\circ}.33'$; $-W = 24''$, 1; $-H = 23''$, 7.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.		
3. Hondscotte et Watten.							<p>Cet angle doit se trouver égal à la somme des deux précédens, et n'en diffère en effet que deux dixièmes de secondes; mais comme les plans sont différens, il faut réduire chaque angle à l'horizon, et alors on trouve l'angle total plus grand de $1''$, 4.</p>
186.	30.	10,0	93.	15.	5,0		
373.	0.	34,0			8,7		
559.	31.	7,0			11,2		
746.	1.	12,0			9,6		
932.	31.	22,0			8,2		
1119.	1.	7,0			5,6		
1305.	31.	37,0			6,9		
1492.	1.	37,0			6,0		
1678.	31.	55,0			6,3		

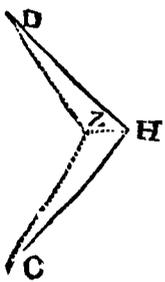
Ang. observés.		Ang. conclus.				
4. Watten et Calais.				3 ^{me} Triangle.		
D.	M.	S.	D.	M.	S.	
103.	18.	52,5	51.	39.	26,2	
206.	38.	7,5			31,8	
309.	57.	30,0			35,0	
413.	16.	10,0			31,0	
516.	35.	15,0			31,5	
619.	54.	15,0			31,2	
723.	12.	40,0			28,6	
826.	31.	52,0			29,5	
929.	50.	52,0			29,5	

$DZ = 10^{\text{pieds}} \frac{1}{2}$; $DZC = 141^{\circ}.50'$;
 $+C = 11',9''$; $-W = 28'',4$.

La fleche du clocher de Notre-Dame de Calais est, à cause de son éloignement, plus difficile à distinguer que le signal de la tour de Watten.

I^{me}. STATION.

A *Hondstotte*, dans la galerie extérieure du clocher, à 15 pieds 4 pouces du centre. Hauteur de l'œil au dessus du niveau de la basse mer, 155 pieds.

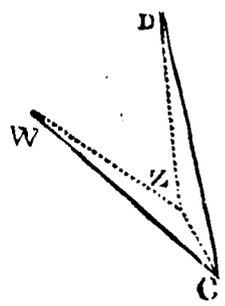
5. Dunkerque et Cassel.		1 ^{er} Triangle.				
D.	M.	S.	D.	M.	S.	
187.	5.	52,5	93.	32.	56,2	
374.	11.	22,5			50,5	
561.	17.	7,5			51,2	
748.	22.	37,5			49,6	
935.	28.	20,0			50,0	
1122.	33.	56,0			50,0	
1309.	39.	56,0			51,4	
1496.	45.	6,0			49,1	
1683.	50.	34,0			48,6	
1870.	56.	50,0			49,0	
2058.	2.	7,5			49,4	

$HZ = 15^{\text{pieds}} \frac{1}{2}$; $HZC = 168^{\circ}.50'$;
 $-D = 63'',9$; $-C = 9'',3$.

Le signal mis sur le coq de la cabane du Guetteur de la tour de Dunkerque s'aperçoit parfaitement. Un observateur se met à une lunette, l'autre à la seconde, ce qui doit procurer à la mesure de cet angle une exactitude que favorisent toutes les circonstances. On éprouve seulement quelque difficulté à bien déterminer l'angle de direction avec le centre du clocher.

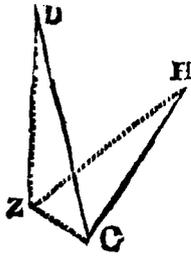
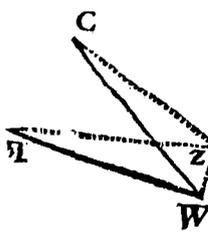
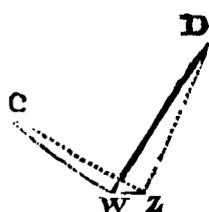
III^{me}. STATION.

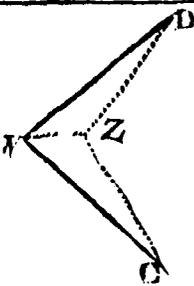
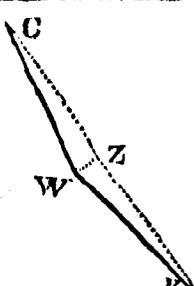
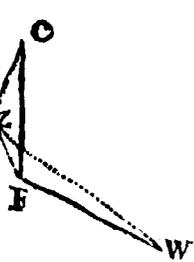
A *Cassel*, sur un échafaud, placé dans la gouttière du petit comble de la tour carrée du clocher de Notre-Dame, à 13 pieds du centre de cette tour. Hauteur au dessus du niveau de la mer, 580 pieds.

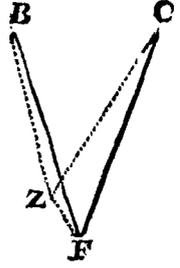
6. Dunkerque et Watten.		2 ^{me} Triangle.				
D.	M.	S.	D.	M.	S.	
125.	31.	10,0	63.	25.	55,0	
253.	42.	26,0			57,6	
380.	32.	52,5			28,8	
507.	24.	5,0			30,6	
634.	15.	30,0			33,0	
761.	6.	36,0			33,0	
887.	57.	20,0			31,4	
1014.	48.	10,0			30,6	
1141.	39.	2,0			30,1	
1268.	30.	0,0			30,0	

$CZ = 13^{\text{pieds}}$; $DZC = 154^{\circ}.23'$;
 $-D = 13'',7$; $-W = 28'',0$

Un observateur se place à chaque lunette. Le ciel est fort couvert. On voit assez bien le signal de Watten, mais difficilement celui de la tour de Dunkerque qui est bien plus éloigné. La position des observateurs est très-incommode.

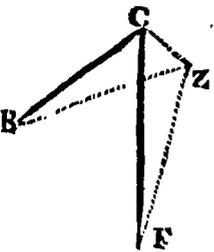
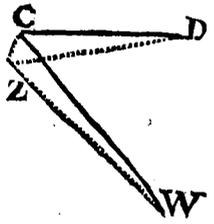
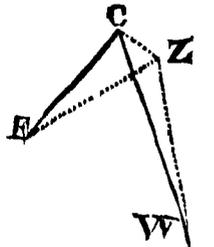
Ang. observés.		Ang. conclus.			
7. Dunkerq. et Hondscot.				1 ^{re} Triangle.	
D.	M. S.	D.	M. S.	 <p>CZ = 13^{pieds}; HZC = 119°. 10'; + D = 13'', 7; - H = 35'', 5.</p> <p>Ces angles à Cassel ont été, ainsi qu'à Hondscotte, pris par deux observateurs, mais les circonstances n'étoient pas aussi favorables, et la position de l'instrument n'étoit ni aussi solide, ni aussi commode pour les observateurs qu'on auroit pu le désirer: la distance au centre est difficile à mesurer bien exactement.</p>	
70.	43. 40,0	35.	21. 50,0		
141.	27. 30,0		52,5		
212.	11. 20,0		54,0		
282.	54. 30,0		48,7		
353.	37. 52,5		47,2		
424.	21. 15,0		46,2		
495.	4. 30,0		45,0		
565.	47. 50,0		44,4		
636.	31. 0,0		43,3		
I V^{me}. S T A T I O N:					
<p>A <i>Watten</i>, sur la plate-forme supérieure de la grosse tour carrée de l'ancien couvent des Jésuites, au dessous et à 4 pieds et demi du signal, placé sur la petite tourelle de l'escalier à l'angle nord de la réunion des deux tours. Hauteur de l'œil au dessus du niveau de la mer, 335 pieds.</p>					
8. Calais et le signal de Fiennes.				4 ^{me} Triangle.	
D.	M. S.	D.	M. S.	 <p>WZ = 4^{pieds} $\frac{1}{2}$; CZW = 61°. 8'; + C = 8'', 9; - F = 6'', 2.</p> <p>On voit parfaitement le clocher de Notre-Dame de Calais et le signal de Fiennes; mais les vents violents qui ont régné ont incliné considérablement ce signal d'une quantité qui a été déterminée, géométriquement, de 6'', 3 additives à l'angle mesuré, qui sera par conséquent de 27°. 37'. 13'', 9.</p>	
55.	14. 22,5	27.	37. 11,2		
110.	28. 34,0		8,5		
165.	42. 45,0		7,5		
220.	57. 7,0		8,4		
276.	11. 30,0		9,0		
331.	25. 37,5		8,1		
386.	39. 52,5		8,0		
441.	53. 52,5		7,0		
497.	8. 7,5		7,1		
552.	22. 30,0		7,5		
607.	36. 37,0		7,1		
662.	50. 45,0		6,8		
718.	5. 20,0		7,6		
9. Dunkerque et Calais.				3 ^{me} Triangle.	
D.	M. S.	D.	M. S.	 <p>WZ = 4^{pieds} $\frac{1}{2}$; CZW = 61°. 8'; + D = 6'', 5; - C = 8'', 9.</p> <p>On voyoit beaucoup mieux Dunkerque que Calais.</p>	
171.	55. 25,0	85.	57. 42,5		
343.	50. 52,5		43,1		
515.	46. 43,0		47,1		
687.	42. 6,0		45,7		
859.	37. 30,0		45,0		
1031.	32. 45,0		43,8		
1203.	28. 30,0		45,0		
1375.	23. 55,0		44,7		
1547.	19. 55,0		46,4		

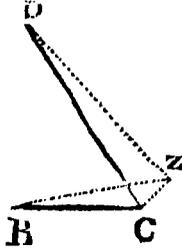
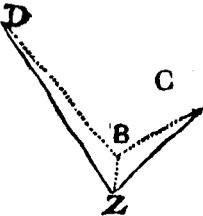
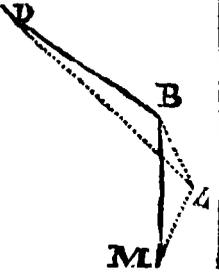
Ang. observés.		Ang. conclus.			
10. Dunkerque et Cassel.				2 ^{me} Triangle.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.
148.	56.	50,0	74.	28.	25,5
297.	53.	30,0			22,5
446.	49.	45,0			17,5
595.	46.	22,5			17,8
744.	42.	52,5			17,2
893.	39.	45,0			18,7
1042.	36.	15,0			18,2
1191.	32.	52,5			18,2
					$WZ = 4^{\text{pieds}} \frac{1}{2}$; $DZW = 147^{\circ}.6'$; $-D = 6'',5$; $C = 10'',5$. On voyoit difficilement le signal sur la tour de Dunkerque, mais Cassel étoit très-distinct.
11. Calais et Cassel.				Angl. de vérific.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.
320.	52.	5,0	160.	26.	2,5
641.	44.	15,0			3,7
962.	36.	15,0			2,5
1283.	28.	22,0			2,2
1604.	20.	37,0			3,7
1925.	12.	52,5			4,3
2246.	5.	15,0			5,3
2566.	57.	20,0			5,0
2887.	49.	30,0			5,0
					$WZ = 4^{\text{pieds}} \frac{1}{2}$; $CZW = 61. 8'$; $-C = 8'',9$; $K = 10''5$. Cet angle doit se trouver égal à la somme des deux précédens, et ne l'excede en effet que de huit dixiemes de secondes, en réduisant chacun à l'horizon.
V ^{me} . S T A T I O N.					
A <i>Fiennes</i> , sur la butte et proche le banc de pierre, élevé par M. le Prince de Croy, à 300 toises environ du moulin; l'instrument à 8 pieds du signal, placé contre le banc de pierre. Hauteur de l'œil au dessus du niveau de la mer, 510 pieds.					
12. Calais et Watten.				4 ^{me} Triangle.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.
171.	43.	37,5	85.	51.	48,7
343.	27.	7,5			46,9
515.	11.	0,0			50,0
686.	54.	30,0			48,7
858.	38.	20,0			50,0
1030.	21.	36,0			48,0
1202.	4.	52,5			48,0
1373.	48.	22,5			46,4
1545.	31.	52,5			46,2
1717.	15.	45,0			47,2
					$ZF = 8^{\text{pieds}}$; $CZF = 129^{\circ}.28'$; $+C = 30'',0$; $W = 13'',4$. Cet angle a été pris par deux Observateurs qui se placent chacun à une lunette. Le temps est favorable.
F					

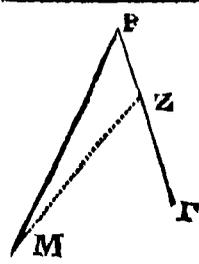
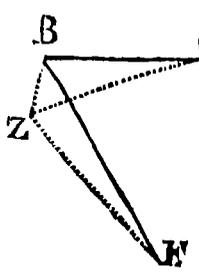
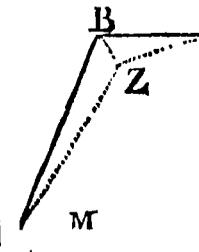
Ang. observés.		Ang. conclus.			
13. Calais et le signal de Blancnez.				5 ^{me} Triangle.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.
92.	49.	47,0	45.	24.	53,5
185.	39.	41,0			51,0
278.	29.	5,0			50,8
371.	19.	6,0			53,3
464.	9.	0,0			54,0
556.	58.	47,0			54,0
649.	48.	20,0			52,9
742.	39.	9,0			53,1
					$ZF = 8^{\text{pieds}}$; $BZF = 175^{\circ}. 52'$; $-C = 30''$; $+B = 2'',9$. On a mesuré cet angle par un vent très-considérable, qui, sans doute, n'a pas nui à l'exactitude de l'observation, puisque deux jours après, ayant été repris par deux Observateurs, il s'est retrouvé le même à la seconde.
14. Watten et le signal de Blancnez.				Angl. de vérific.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.
264.	33.	40,0	132.	16.	50,0
529.	7.	6,0			46,5
793.	40.	7,5			41,2
1058.	13.	10,0			38,7
1322.	46.	30,0			39,0
1587.	19.	54,0			39,5
					$ZF = 8^{\text{pieds}}$; $WZF = 43^{\circ}. 36'$; $+B = 2'',9$; $-W = 13'',4$. Cet angle doit se trouver égal à la somme des deux précédents et n'en diffère en effet que de $1'',8$ en moins, en réduisant chacun à l'horizon.
15. Signal de Blancnez et le signal de Montlambert.				6 ^{me} Triangle.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.
188.	54.	24,0	94.	27.	12,0
377.	48.	22,0			5,6
566.	42.	37,5			6,3
755.	36.	24,0			3,0
944.	30.	45,0			4,5
1133.	24.	52,5			4,4
1322.	18.	50,0			3,6
1511.	12.	30,0			1,9
1700.	6.	36,0			2,0
1889.	0.	22,5			1,0
					$FZ = 8^{\text{pieds}}$; $MZF = 89^{\circ}. 41'$; $-B = 2'',9$; $-M = 29'',1$. Le signal de Montlambert est difficile à distinguer, on a repris cet angle 14 fois à deux Observateurs, et on l'a trouvé de $94^{\circ}. 26'. 58'',2$, et les résultats toujours croissants.

V^{me}. STATION:

A Calais , dans la galerie haute du clocher de Notre-Dame , à 6 pieds 2 pouces $\frac{1}{2}$ du centre. Hauteur de l'œil au dessus du niveau de la mer , 172 pieds.

Ang. observés.			Ang. conclus.				
16. Signal de Bloncnez et signal de Finnes.						5 ^{me} Triangle.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.		<p>$CZ = 6^{\text{pieds}} 2^{\text{pouc.}}$; $CZB = 60^{\circ} 20'$; $+F = 24'' 9$; $-B = 34'' 1$. On voit parfaitement les deux signaux.</p>
128.	34.	22,5	64.	21.	41,3		
257.	27.	5,0			46,3		
386.	10.	15,0			42,5		
514.	53.	40,0			42,5		
643.	37.	30,0			45,0		
772.	21.	0,0			45,0		
901.	5.	5,0			47,5		
1029.	48.	24,0			46,5		
1158.	31.	54,0			46,3		
17. Dunkerque et Watten.								3^{me} Triangle.
D.	M.	S.	D.	M.	S.		<p>$CZ = 6^{\text{pieds}} 2^{\text{p.}}$; $CZD = 126^{\circ} 25'$; $+W = 2'' 7$; $-D = 8'' 9$.</p>
84.	46.	30,0	42.	23.	15,0		
169.	32.	52,5			13,1		
254.	19.	5,0			10,8		
339.	4.	50,0			6,3		
423.	51.	15,0			7,5		
508.	37.	37,5			8,1		
18. Signal de Fiennes et Watten.						4 ^{me} Triangle.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.		<p>$CZ = 6^{\text{p.}} 6^{\text{p.}}$; $CZF = 83^{\circ} 39'$; $-F = 30'' 5$; $+W = 7'' 1$. On voit très-bien les deux signaux , mais il fait un vent très-fort. On change l'instrument de place , pour mieux l'abriter. La veille , ce même angle , pris dix fois seulement avoit été trouvé de $66^{\circ} 31' 4'' 1$, mais les circonstances étoient , à la vérité , moins favorables.</p>
133.	1.	52,5	66.	30.	56,3		
266.	4.	15,0			63,7		
399.	6.	7,5			61,3		
532.	8.	4,0			60,5		
665.	10.	0,0			60,0		
798.	11.	42,0			58,5		
931.	14.	7,5			60,5		
1064.	16.	7,5			60,5		
1187.	18.	36,0			62,0		
1330.	20.	36,0			61,8		
1463.	22.	30,0			61,4		
1596.	24.	30,0			61,3		

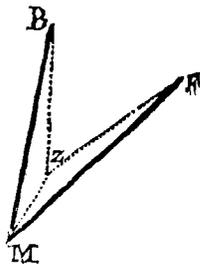
Ang. observés.		Ang. conclus.				
19. Signal de Blancnez et signal de Douvres.				7 ^{me} Triangle.		
D.	M.	S.	D.	M.	S.	
94.	54.	52,5	47.	27.	26,3	
189.	49.	54,0			28,5	
284.	45.	7,5			31,3	
379.	39.	54,0			29,3	
474.	34.	40,0			28,0	
569.	29.	54,0			29,5	
V I I^{me} S T A T I O N.						
Sur le cap <i>Blancnez</i> , à deux pieds du signal des feux, placé à un pied 10 pouces de l'angle Sud du corps de garde. Hauteur de l'œil au dessus du niveau de la mer, 422 pieds.						
20. Douvres et Calais.				7 ^{me} Triangle.		
D.	M.	S.	D.	M.	S.	
239.	31.	37,5	119.	45.	48,8	
479.	3.	7,5			46,9	
718.	35.	0,0			50,0	
958.	6.	50,0			51,0	
1197.	38.	20,0			50,0	
1437.	10.	0,0			50,0	
21. Douvres et le signal de Montlambert.				8 ^{me} Triangle.		
D.	M.	S.	D.	M.	S.	
239.	23.	7,0	119.	41.	33,5	
478.	46.	10,0			32,5	
718.	9.	22,5			33,0	
957.	32.	37,5			34,7	
1196.	55.	45,0			34,5	
1436.	18.	20,0			31,7	
1675.	41.	30,0			32,1	
1915.	4.	30,0			31,9	
<p>$CZ = 6^{\circ}, 2^{\prime}, 2^{\prime\prime}$; $CZB = 65^{\circ}, 10'$; $+D = 9^{\prime\prime}, 1$; $-B = 35^{\prime\prime}, 4$.</p> <p>Quoiqu'il fasse très-beau on ne peut distinguer le signal de la tour de Douvres, mais on pointe au milieu de la tour, où on estime qu'il doit être placé. Mais depuis par des mesures géométriques, prises sur cette tour, même de Douvres, on reconnoit qu'en pointant au milieu, on a fait une erreur de $5^{\prime\prime}, 7$, additives à l'angle mesuré, qui sera par conséquent de $47^{\circ}, 27', 35^{\prime\prime}, 2$.</p> <p>$BZ = 2^{\text{pieds}}$; $BZC = 62^{\circ}, 28'$; $+D = 3^{\prime\prime}, 2$; $-C = 11^{\prime\prime}, 1$.</p> <p>Le même angle, repris vingt fois un autre jour, a été trouvé de $119^{\circ}, 45', 50^{\prime\prime}, 6$; et $119^{\circ}, 45', 50^{\prime\prime}, 3$ un troisième jour par dix observations. Dans les moments favorables on apperçoit bien le signal du château de Douvres.</p> <p>$BZ = 2^{\text{pieds}}$; $DZB = 57^{\circ}, 19'$; $+M = 0^{\prime\prime}, 3$; $-D = 3^{\prime\prime}, 2$.</p> <p>On apperçoit parfaitement les signaux de Douvres et de Montlambert.</p>						

Ang. observés.		Ang. conclus.			
22. Signal de Montlambert et de Fiennes.				6 ^{me} Triangle.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.
102.	36.	52,5	51.	18.	26,3
205.	13.	56,0			28,0
307.	51.	7,5			31,5
410.	28.	15,0			31,9
513.	5.	0,0			30,0
615.	41.	56,0			29,5
718.	18.	37,5			28,5
820.	55.	30,0			28,3
					<p>$BZ = 2^{\text{pieds}}$; $BZM = 128^{\circ}.48'$; $-M = 4''.5$; $+F = 0''.0$.</p> <p>Cet angle a été pris par deux Observateurs réunis. Mais le signal de Fiennes est difficile à voir.</p>
23. Calais et le signal de Fiennes.				5 ^{me} Triangle.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.
138.	27.	52,0	69.	13.	56,0
276.	55.	48,0			57,0
415.	24.	15,0			62,5
553.	52.	39,0			64,9
692.	20.	39,0			64,5
830.	48.	57,0			63,9
969.	16.	47,0			63,4
					<p>$BZ = 2^{\text{pieds}}$; $BZC = 104^{\circ}.50'$; $+F = 1''.1$; $-C = 12''.1$.</p> <p>Cet angle a été pris comme le précédent, par deux Observateurs réunis; mais le signal de Fiennes étoit souvent fort difficile à voir, paroissant et disparaissant à chaque instant.</p>
24. Calais et le signal de Montlambert.				Angl. de vérific.	
D.	M.	S.	D.	M.	S.
241.	5.	5,0	120.	32.	32,5
482.	10.	15,0			33,7
723.	15.	32,0			35,8
964.	20.	6,0			30,8
1205.	25.	7,5			30,8
1446.	29.	50,0			29,2
1687.	34.	50,0			29,5
					<p>$BZ = 2^{\text{pieds}}$; $BZC = 62^{\circ}.28'$; $-M = 0''.3$; $-C = 11''.1$.</p> <p>La somme de cet angle ajouté au 20^e et au 21^e, formant le tour de l'horizon, doit être égal à 360°. En effet, si l'on réduit ces trois angles à l'horizon, on trouvera la somme de 360°. 0'. 0''9, il n'y a donc que 0''3 d'erreur sur</p>
<p>toute la circonférence. Ce même angle doit encore se trouver égal à la somme des deux précédents 22 et 23, mais en réduisant tous les trois à l'horizon, il se trouve 7''1 de différence, dont l'angle total 24 est plus grand. Il y a donc 7''1 d'erreur à répartir sur les angles 22 et 23. Ce qui n'est pas étonnant, puisqu'ils sont tous deux appuyez sur ce signal de Fiennes, dont l'aspect étoit si variable.</p> <p>On pourroit donc augmenter de 3''6 le 22^e angle, et de 3''5 le 23^e, qu'on reconnoit devoir être le plus en erreur dans la composition du 5^{me} Triangle.</p>					

VIII^{me} STATION.

Sur le *Montlambert*, à 5 pieds 5 pouces du signal des feux qui étoit planté très-proche de l'encoignure sud-ouest du banc de pierre élevé par M. le Prince de Croy. Hauteur de l'œil au dessus du niveau de la mer, 604 pieds.

Ang. observés.		Ang. conclus.		6 ^{me} Triangle.	
D.	M.	S.	D.			M.	S.
25. Signal de Blancnez et signal de Fiennes.					
68.	30.	22,5	34.	15.	11,3
137.	0.	54,0			13,0
205.	31.	37,5			16,3
274.	2.	30,0			18,7
342.	33.	7,5			18,7
411.	3.	40,0			18,3
479.	34.	0,0			17,1
548.	4.	55,0			18,8
616.	35.	5,0			16,9
685.	5.	20,0			16,0
753.	35.	52,5			16,0
822.	6.	7,5			15,3
890.	37.	0,0			16,2
959.	7.	15,0			15,5
1027.	37.	37,5			15,3



$MZ = 5^p 5^p$; $FZM = 157^o 55'$;
 $-B = 3'' 2$; $-F = 7'' 5$.

On ne distinguoit qu'avec beaucoup de peine le signal de Blancnez, mais sa place étoit fort bien indiquée par l'angle de la maison du corps de garde qui étoit favorablement éclairé par le soleil.

N². On a encore pris avec le cercle plusieurs autres angles, que nous allons rapporter avec d'autant moins de détail, que ne devant pas être compris dans la chaîne des triangles, ils n'ont pas été mesurés avec le même soin et la même précision que les précéd.

- Au *Blancnez*, 1^o. Entre le signal de Douvres et une tour sur la côte d'Angleterre, qui doit être *New-Romney*, 32^o 37' 45''.
- 2^o. Entre le signal de Douvres et une tour sur la côte d'Angleterre, qui doit être *Lid*, 36 38 34
- 3^o. Entre le nouveau moulin de Fiennes et Notre-Dame de Calais, 68 24 11

Les tours de Romney et de Lid ne paroissent que très-rarement et seulement pendant une demi-heure au coucher du soleil. Ce qui n'étoit pas un temps suffisant pour mesurer parfaitement l'angle avec le cercle.

- A *Calais*, entre le signal de Blancnez et le nouv. moulin de Fiennes, 62 55 20
- Au nouveau moulin de Fiennes, entre Notre-Dame de Calais et le signal du Blancnez, 48 40 23

D'où il résulte, dist. de ce moulin au signal de Blancnez, 6493^{tois.} 6

- A Notre-Dame de Calais, 6781 ,0
- A *Gravelines*. 1^o. Entre N.-D. de Calais et le signal de *Watten*, 101 40 36
- 2^o. Entre *Dunkerque* et le signal de *Watten*, 87 35 19
- A *Watten*, 1^o. Entre *Gravelines* et Calais, 40 23 52
- 2^o. Entre *Gravelines* et *Dunkerque*, 45 33 52

La somme de ces deux angles doit se trouver et se trouve en effet égal à l'angle 9^{me}.

- D'où il résulte l'angle à *Dunkerq.*, entre *Graveline* et *Watten*, de 46 50 49
- L'angle à *Calais*, entre *Graveline* et *Watten* de, 37 56 2

- Et, par conséquent, { à *Dunkerque*, 9335^{tois.} 8
- distance de *Gravelines*, { à *Waten*, 9547 ,3
- { à *Calais*, 10066 ,1



C H A P I T R E V I.

Tableau de la chaîne de Triangles, formée en 1787, pour lier à Dunkerque & à la Méridienne de Paris, les opérations faites en Angleterre. (Planche V).

LES Observations des divers angles que nous venons de rapporter avec détail dans l'article précédent, nous fournissent les résultats du tableau ci-joint, contenant huit triangles dont la chaîne forme la jonction de la tour de Dunkerque à celle du château de Douvres, qui est la plus septentrionale, et lie par conséquent à la Méridienne de Paris les opérations faites en Angleterre, par le Major général Roy, en 1784, 1787 et 1788.

Dans la deuxième colonne de ce tableau, chaque station est précédée du numéro de l'angle qui y a été observé, pris dans le Chapitre précédent. Dans la troisième colonne, nous avons toujours rapporté l'angle conclu de la dernière observation, lequel, ainsi que nous l'avons dit plus haut, doit nécessairement se trouver le plus exact. Dans la huitième colonne, l'élévation du point de mire, n'a le plus souvent été déterminée que par estime, en jugeant à-peu-près de l'élévation des fleches de clocher au dessus des galeries où l'on faisoit l'observation, ce qui est suffisant pour l'usage que nous en avons voulu faire; en général, nous devons prévenir, qu'excepté la hauteur de la galerie du clocher de Notre-Dame de Calais, que nous avons déterminée directement avec grand soin, celles du sol de Blancnez et de Mont-lambert obtenues par plusieurs observations bien faites, les autres ne doivent être regardées que comme des approximations.



L'on peut juger par le tableau précédent de l'exactitude de notre instrument dans la mesure des angles , puisque la plus grande erreur , commise sur la somme des trois angles de chaque triangle , n'a pas excédé 4 secondes et demie , & à été le plus souvent moitié moindre.

Cette précision nous a engagé à tenir compte scrupuleusement des plus petites corrections négligeables dans tout autre cas. En conséquence ; 1°. pour calculer et obtenir plus exactement les réductions au centre des stations, comprises dans la quatrième colonne, nous avons eu grand soin, en opérant, de mesurer avec toute la précision possible, les distances du centre de l'instrument au centre des tours et des clochers. En effet, en certaines occasions deux pouces d'erreur dans cette distance, pouvoient produire une seconde en plus ou en moins dans la réduction. Or, avec un instrument qui peut donner la mesure des angles à une ou deux secondes près, il est important d'éviter l'erreur d'une seconde dans les réductions. La charpente et autres obstacles qui ne se trouvent que trop fréquemment au centre des clochers, rendent souvent cette mesure difficile. C'est à l'Observateur à tâcher de se placer dans la position la plus favorable à cet effet. Le cercle a l'avantage que son centre est fixe et toujours à la même distance dans toutes les observations faites dans la même station, ce qui n'a pas lieu pour les quarts de cercle, dont le centre à chaque observation d'un nouvel objet, s'approche ou s'éloigne du centre de station, et exige une nouvelle mesure. 2°. La petite erreur de 2 à 4 secondes, commise sur la somme des trois angles de chaque triangle eût pu être distribuée sur chaque angle indifféremment, néanmoins nous avons préféré de faire entrer dans la répartition de cette erreur, la considération, soit des circonstances, soit du nombre plus ou moins considérable des mesures et de leur plus ou moins grand accord, soit enfin de ce jugement intérieur que l'Observateur seul doit mieux porter que qui que ce soit, sur la préférence due à une de ses opérations plutôt qu'à l'autre. C'est d'après cela que nous avons établi *les Angles corrigés*, compris dans la sixième colonne. 3°. Quoique le pays sur lequel s'est étendue notre chaîne de triangles n'offrit pas une grande inégalité de niveau, nous n'avons pas

cru néanmoins devoir négliger la réduction des angles observés à l'horizon, qui, quelquefois pouvoit s'élever jusqu'à 6 et 8 secondes, quantité que la précision de la mesure de nos angles rendoit d'une certaine valeur. Cette correction concouroit aussi à la vérification de la justesse de plusieurs angles. En effet, nous avons toujours la satisfaction, après la réduction à l'horizon, de trouver les angles partiels d'accord avec l'angle total, à deux ou trois secondes près; et de former des tours d'horizon de plusieurs angles, à 4 et 5 secondes près. Pour calculer exactement ces réductions à l'horizon, nous avons déterminé toutes les hauteurs des stations comparativement à celle de la galerie du clocher de Notre-Dame de Calais, déduite d'une mesure directe faite avec soin, telle que nous l'avons rapportée dans le premier Chapitre. Et comme dans la formation des triangles, les angles sont observés dans le plan qui passe par l'œil de l'Observateur et les points de mire des deux objets, qui sont ordinairement les coqs de clocher où les pointes des signaux, nous avons eu égard à la différence de l'élévation de l'œil et du point de mire dans chaque station, après avoir déterminé, par le calcul, les distances au zénith réciproques de ces différents points, vus de chaque lieu. Nous avons réduit à l'horizon les angles observés dans des plans inclinés, ce qui nous a donné les résultats des deux dernières colonnes.



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

Détermination de la valeur des côtés de chaque triangle et de la position des diverses stations, par rapport au méridien de Dunkerque.

POUR calculer la valeur de chacun des côtés des triangles précédens, il faut nécessairement avoir la détermination exacte et particulière d'un d'entr'eux. C'est ce que l'on se procure ordinairement par la mesure d'une base sur laquelle on appuie le premier triangle de la chaîne que l'on veut former, et cette mesure eût été indispensable pour nous (1), si nous n'avions pas eu l'avantage d'asseoir nos triangles sur un des côtés des triangles de la Méridienne, tracée en 1739. Ce côté est la distance de Dunkerque à Hondscotte, laquelle nous a paru pouvoir être supposée, d'autant mieux connue, qu'elle a été déterminée de quatre manières différentes, ainsi qu'il suit. (*Voy. Méridienne vérifiée*, p. 53, 56, 58).

Par une première suite de dix triangles, depuis Amiens, appuyée sur le côté de Sourdon à Villesbretonneux.	8168,59 toises.
Par une seconde suite de dix triangles, appuyée sur le côté de Villesbretonneux à Lihons.	8167,34
Par une troisième suite de onze triangles, appuyée sur le côté de Villersbretonneux à Lihons.	8167,69
Par une base, mesurée directement près de Dunkerque, et qui n'est séparée de ce côté que par deux seuls triangles.	8166,26

(1) Pour faire cette opération d'une manière convenable, et capable d'être mise en parallèle avec celle qui a été exécutée en Angleterre, à *Houslowheat* et à *Romney-Marsh*, il eût fallu avoir autant de temps et de moyens, que MM. les Anglois en ont employé, à se préparer et à faire ces deux célèbres mesures, dont la précision

Prenant un milieu entre ces quatre déterminations (2), nous adopterions pour la véritable distance de Dunkerque à Hondscotte, et pour base donnée à nos triangles, la quantité 8167,47 toises, qui, réduite au niveau de la mer, sera de 8167,00 toises, et étant combinée avec les angles contenus dans la dernière colonne du tableau de l'article précédent (qu'il faut seulement diminuer de quelques dixièmes de secondes, pour réduire chaque triangle, à 180°. 0'. 0'') nous donnera les valeurs suivantes pour chaque côté de nos triangles, réduits au niveau de la mer. (*Voy. Planche V*).

	Pieds.	Toises.
De Dunkerque à Hondscotte, côté donné par les triangles de la Méridienne.	49002,0	8167,00
à Cassel, clocher de Notre-Dame.	84522,5	14087,01
au signal de Watten, au dessus de l'escalier de la grande tour des Jésuites.	78450,9	13075,15
à Calais, clocher de Notre-Dame.	116090,9	19348,48
De Hondscotte à Cassel.	65920,4	10986,66
De Cassel à Watten.	58837,2	9806,20
De Calais au signal de Fiennes, sur une butte à 300 t. du moulin.	42425,9	7070,98
au signal de Blancnez à l'angle Sud-Est de la maison du Guetteur.	32862,9	5477,15
au signal de Douvres sur la tour Nord du château.	128962,8	21493,80
au signal de Watten.	91273,4	15212,23
Du signal de Blancnez au signal de Fiennes.	40907,4	6817,90
au signal du Montlambert.	72463,5	12077,25
au signal de Douvres.	109451,7	18241,95
Du signal de Fiennes au signal de Watten.	83927,5	13987,92
au signal du Montlambert.	56728,6	9454,76
Du signal de Montlambert au signal de Douvres.	158391,4	26398,56

sera difficilement surpassée. Le Gouvernement François qui avoit eu la gloire de faire le premier de si grandes choses en ce genre, n'a pas cru devoir, dans cette occasion, renouveler des dépenses et des travaux qui eussent si peu ajouté aux résultats que l'on avoit déjà obtenu, et qui, comme on va le voir bientôt, avoient toute l'exactitude à laquelle il fût utile d'atteindre. Mais une opération plus intéressante, eût été sans doute, de répéter sous ces latitudes, ce que M. Cassini de Thury avoit fait dans le Midi de la France, pour déterminer la véritable longueur du degré de longitude, ou d'employer à cette recherche toute autre méthode convenable. Nous regrettons que cet article n'ait pas été compris dans la demande du Gouvernement Anglois; le nôtre en eut fait certainement un des objets de notre mission.

Ayant pris pour base un des côtés de la Méridienne, nous avons cru pouvoir également nous en rapporter aux anciennes observations pour l'orientation de notre nouvelle chaîne de triangles. En effet, invités par MM. les Commissaires Anglois, à venir faire les opérations de la jonction à l'entrée de l'automne, à peine la saison nous permit-elle de faire les mesures géodésiques, il ne nous fut donc pas possible de tenter aucune observation d'Azimuth, qui demande un temps favorable et une belle saison. D'ailleurs, qu'aurions-nous pu faire en si peu de temps, pour contre-balancer dix-sept observations faites avec soin, par MM. de la Caille, et Cassini de Thury, au mois d'Août 1740 ?

L'on voit dans le livre de la Méridienne vérifiée (*III^e. Partie, p. 63*) que la déclinaison GDM du clocher de Gravelines, à l'égard du méridien de Dunkerque, est de $72^{\circ}. 11'. 48''$. vers l'Ouest (*Pl. III, fig. 8*); celle du clocher de Broulezele BDM, de $10^{\circ}. 18'. 25''$. & que l'angle BDH à Dunkerque (*III^e. Partie, p. 12*), entre Broulezele et Hondscotte vers l'Est, a été mesuré de $78^{\circ}. 11'. 41''$. d'où l'on conclud

(2) L'on sera peut-être étonné de nous voir prendre un milieu entre ces quatre déterminations de la distance de Dunkerque à Hondscotte, plutôt que de nous en rapporter de préférence au résultat qu'a donné, la mesure directe d'une base voisine. Voici nos motifs. Nous avouerons que l'autorité des trois suites de triangles qui abontissent à la même ligne, ont donné sa longueur avec autant d'accord, nous a paru pouvoir balancer celle d'une base sur laquelle on est en droit d'élever quelque soupçon, vu l'obligation où l'on s'est trouvé en la mesurant, de plonger quelquefois les perches de bois jusqu'à six pouces dans l'eau, (*Mérid. vérif. pag. 23*) ce qui a pu produire des erreurs non moindres que celles dont peuvent être affectées les déterminations par triangles, qu'une longue expérience et des épreuves multipliées, dans toutes les parties de la France, ont fait reconnoître susceptibles d'une précision presque incroyable, et dont les nouvelles opérations faites en Angleterre, vont bientôt donner la preuve la plus frappante; l'on pourroit croire encore que ce n'est que d'après la connoissance du résultat des opérations, Angloises que nous avons pris ce parti, en adoptant l'opinion du Général Roy, sur la base de Dunkerque, mais nous assurons qu'avant de la connoître, nous avons déjà établi nos calculs sur la supposition d'une quantité moyenne entre les quatre déterminations, et qui se trouve plus petite, seulement de quatre pieds, que celle qui résulte des opérations Angloises.

la déclinaison orientale HDM, du clocher de Hondscotte, à l'égard du méridien de Dunkerque, de. . . . 67°. 53'. 16".

D'un autre côté, en nous servant de nos propres mesures d'angles à Dunkerque, nous avons, entre		<i>Par le quart de cercle de M. Méchain.</i>
		<u>D. M. S.</u>
Hondscotte et Cassel.	HDC = 51°. 7'. 4",8	} 93.14.13,5
Entre Cassel et Watten.	CDW = 42. 7. 12,4	
Entre Watten et Gravelines (3)..	WDG = 46. 50. 49,0	46.50.55,0
Donc entre Hondsc. et Gravelines.	HDC = 140. 5. 6,2	140. 5. 8,5
Retranchons la déclinaison de Grav.	GDM = 72. 11. 48,0	72.11.48,0
Reste pour la décl. du clocher de H.	HDM = 67. 53. 18,2	67.53.20,5

La différence entre ce résultat et celui de la Méridienne vérifiée, n'est donc que de 2" (4).

(3) Nous n'avons point observé cet angle directement. Mais à Gravelines nous avons trouvé l'angle entre Dunkerque et Watten, de 87°. 35'. 19"; et à Watten, l'angle entre Gravelines et Dunkerque, de 45°. 23'. 52", d'où conclut le troisième angle à Dunkerque, entre Watten et Gravelines, de 46°. 50'. 49"; et d'après l'exactitude dont notre instrument a donné des preuves dans la mesure des angles, nous ne pouvons guères craindre plus de trois ou quatre secondes d'erreur dans ce résultat.

(4) C'est dans la troisième partie de cet ouvrage, où se trouvent les observations originales, qu'il faut de préférence prendre la valeur des angles, ailleurs on court risque de trouver ces valeurs affectées de corrections systématiques et souvent de fautes d'impression. Voilà ce qui a induit en erreur le Général Roy dans son écrit publié en 1787, page 8, où il trouvoit une incertitude de 1'. 15" sur l'angle de direction de la ligne de Dunkerque à Calais, avec le méridien de Paris; l'angle à Dunkerque, dans le premier et le cinquième triangle de la page 167 de la deuxième Partie, est faux. Celui même entre Watten et Gravelines, dans la troisième Partie, page 12, est trop grande de 30 à 35", ce qui se reconnoît évidemment en le combinant avec d'autres angles du même paragraphe pour en déduire l'angle total entre Hondscotte et Gravelines. L'erreur paroit avoir été faite dans l'observation et sur Gravelines. Mais elle n'a point influé sur la position de ce lieu, dont nous avons trouvé par nos mesures la distance à Dunkerque, de 9344 toises, la même, à une toise près, que celle qui est rapportée à la page 167, citée ci-dessus. Le même accord s'est à-peu-près trouvé dans tous les résultats que nous avons été apportés de

Nous supposons l'angle de direction du côté de Dunkerque à

vérifier. Ce qui prouve que la plus grande partie des fautes, tient aux erreurs des copies ou de rédaction, bien pardonnables dans un ouvrage qui renferme l'exposition et les calculs de plus de douze cens triangles. Il est même juste de faire la distinction expresse, recommandée par l'Auteur, des triangles de la Méridienne, dont il garantit l'exactitude, d'avec ceux qui n'ont été formés que pour la description des différentes perpendiculaires, ou pour servir de cannevas à la Carte générale de la France; les observations dans ceux-ci, n'ont pas été faites avec le même scrupule, ni avec d'aussi grands instrumens. Voici cependant une comparaison que nous croyons intéressant de placer ici, pour faire juger de l'exactitude de ces anciennes mesures.

	<i>Selon la Méridienne vérifiée.</i>	<i>Selon nous.</i>	<i>Différence.</i>
Angle à Dunker. entre <i>Hondsc.</i> et <i>Calais.</i>	51°. 7'. 13''	51°. 7'. 6'',6	6'',4
<i>Cassel</i> et <i>Calais</i> .	93. 46. 22	93. 46. 25	3 ,0
<i>Calais</i> et <i>Hondsc.</i>	144. 53. 35	144. 53. 38	3 ,0
<i>Calais</i> et <i>Graveli.</i>	4. 48. 31	4. 48. 24	7 ,0
<i>Gravelin.</i> et <i>Hon.</i>	140. 5. 4	140. 5. 6	2 ,0
à <i>Hondscotte</i> entre <i>Dunk.</i> et <i>Cassel.</i>	93. 31. 25	93. 31. 36	11 ,0
à <i>Cassel</i> entre <i>Honds.</i> et <i>Dunkerque.</i>	35. 21. 20	35. 21. 21 ,5	1 ,5

Nous n'avons pas un plus grand nombre de comparaison et de vérifications, parce que nos signaux à Watten, à Fiennes, au Blancnez et au Montlambert, ne se sont pas trouvés aux mêmes points où ils avoient été anciennement placés: mais ce rapprochement que nous venons de faire, les différences insensibles que l'on va remarquer entre les derniers résultats de nos opérations récentes et ceux des anciennes; enfin la confirmation, que dans cette occasion, les opérations Angloises leur ont donnée, fournissent la justification la plus complète des opérations de la Méridienne, et répondent suffisamment aux critiques que certaines personnes en ont voulu faire, ainsi qu'aux doutes qu'elles ont voulu jeter sur l'exactitude de la mesure des degrés en France, et des grands travaux géographiques qui en ont été la suite. Dans cet immense travail, il est sans doute aisé de trouver çà et là quelque erreur ou quelque imperfection; mais plus celui qui les appercevra sera instruit, plus il saura apprécier la grandeur de l'ouvrage et des difficultés, et sera même étonné que les soins particuliers que nous avons pris dans cette nouvelle opération, et l'instrument que nous avons employé, si supérieur à celui dont M. Cassini de Thury s'étoit servi, ne nous aient valu que la correction de quelques secondes dans les angles mesurés, et de deux ou trois toises au plus sur les côtés.

Hondscotte , base de notre chaîne de triangles de $67^{\circ}. 53'. 18''$. ce qui nous donnera les résultats suivans :

	DIRECTION <i>avec le méridien de Dunkerque.</i>	DISTANCE <i>directe à Dunker.</i>	DISTANCES	
	D. M. S.	Pieds.	<i>à la Méridi. de Dunkerque</i>	<i>à la perpendi. de Dunkerque</i>
			Pieds.	Pieds.
Hondscotte.. . . .	67.53,18 Orient.	49002,0	45398,0 E.	18445,0 S.
Cassel.	16.46.13. Orient.	84522,5	24388,0 E.	80927,6 S.
Signal de Watten, . .	25.20.59. Occid.	78450,9	33588,2 O.	70897,2 S.
Signal de Fiennes. . .	59.49.23. Occid.	135893,0	117476,2 O.	68310,0 S.
Calais.	77. 0.12. Occid.	116090,9	113117,2 O.	26108,5 S.
Signal de Blancnez. . .	75.31 1. Occid.	148776,0	144048,6 O.	37208,4 S.
Sinal de Montlambert. .	55.29. 9. Occid.	191293,2	157622,5 O.	108389,0 S.
Tour du Nord de Douvres.	98.28.23. Occid.	229796,7	227289,2 O.	33858,0 N.



 CHAPITRE VIII.

Comparaison des résultats de nos opérations et de ceux des opérations Angloises.

NOTRE mission et nos opérations, ainsi qu'on vient de le voir, étoient bornées à la simple formation du bout de la chaîne qui devoit lier la Méridienne de Paris, depuis Dunkerque jusqu'à Douvres, aux triangles Anglois, qui s'étendoient depuis Londres jusqu'à Calais. La liaison de notre part, n'a même pu avoir lieu que sur un seul point de la côte Angloise, le château de Douvres, dont par le moyen de deux triangles, nous avons déterminé la position, respectivement, à trois autres points de la côte de France, savoir; *Calais*, *Blancnez*, et *Montlambert*: encore le troisieme angle de ces deux triangles n'a-t-il pu être pris avec notre instrument. Nous l'avons conclu des deux autres. Mais si notre petit cercle est aussi exact que nous osons le prétendre, ce troisieme angle conclu, devoit être à-peu-près aussi précis que s'il eût été observé, et c'est, sans doute, le résultat le plus curieux à offrir de notre part, que celui de la valeur des angles concius de nos opérations, comparée avec celle que le Général Roy a mesurée directement, ainsi que la grandeur des côtés des triangles communs, qui, aux points de jonction, ont été déterminés de part & d'autre, avec deux instrumens fort différens, et d'après des bases très-éloignées et diversement déterminées.

Nous regretterons toujours que la comparaison n'ait pu avoir lieu sur un plus grand nombre d'angles mesurés séparément, et avec des circonstances aussi favorables, qu'il eût été à desirer, pour bien juger du juste degré de précision, appartenant à chaque instrument. Ce n'a été qu'avec un véritable chagrin que nous nous sommes vus dans l'impossibilité de mesurer directement avec notre petit cercle

Plusieurs des mêmes angles qui avoient été pris avec le grand et superbe instrument Anglois. Ce chef-d'œuvre du plus habile Artiste qu'il y ait en Europe , a répondu à tout ce qu'on pouvoit en attendre et même au-delà. Dans le détail que le Général Roy vient de publier de ses observations , on reconnoît avec admiration que sur dix-sept triangles , où les trois triangles ont été observés , la plus grande erreur sur leur somme n'a monté qu'à 2'',8 ; jamais instrument n'avoit offert l'exemple d'une pareille précision ; à la vérité , l'on doit ajouter que jamais instrument n'a été manié ni employé avec plus d'attention , de délicatesse et de scrupule qu'en a apporté l'illustre Observateur que nous venons de citer. Les précautions pour le transport et l'établissement de l'instrument étoient extrêmes ; comme il ne pouvoit se placer dans aucun clocher , rarement même sur les platte-formes des tours , la plupart des stations étoient prises sur des terrains libres et choisis , où l'on construisoit une espece d'Observatoire en échafaud , pour y asseoir l'instrument de la maniere la plus solide , et dans le même lieu , sur le même point , on élevoit ensuite des réverbères ou des feux Indiens , qui servoient de points de mire , de sorte que par là on a évité toute réduction au centre de station et toute erreur dans le *pointer*. L'on peut juger du temps , des soins et de la dépense qu'ont exigé de pareilles opérations , mais il n'est rien à épargner , pour atteindre à la perfection , et rien à regretter lorsqu'on y est arrivé.

Pour nous , qui n'avions eu que fort peu de temps à nous préparer , et qui , sans autre appareil qu'un instrument très-simple , de six pouces de rayon , avons formé en peu de jours la chaîne de triangles dont nous étions chargés , nous n'aurions certainement pu prétendre mettre en parallèle et notre instrument et nos opérations , ni lutter d'exactitude , avec MM. les Anglois , si la théorie , pour ainsi dire , de notre petit cercle ne nous eut assuré dans la mesure des angles , une précision non moins étonnante que celle qu'à montré le bel instrument de M. Ramsden.

En effet , si l'on a bien conçu le principe de la construction et du procédé de l'observation , on doit reconnoître , comme nous l'avons déjà fait observer , que la précision des mesures , dépend presque uni-

quement de la patience de l'Observateur qui, en multipliant ses observations, peut, à son gré, détruire toutes les erreurs, soit de la division de l'instrument, soit de l'observation même, et approcher par là toujours de plus en plus de la vérité. D'où l'on voit que la très-grande perfection d'exécution n'est pas même essentielle à notre instrument comme à celui de MM. les Anglois. Il n'y avoit peut-être qu'un Ramsden, capable de faire un instrument assez parfait pour donner, par une seule mesure et sur tous les points de la division, la grandeur d'un angle à deux secondes près. Au lieu que tout Artiste intelligent, peut construire un cercle, semblable au nôtre, avec lequel on pourra obtenir la même précision; et qui, d'ailleurs par son petit volume, est du transport le plus facile, n'exige aucun appareil, se place par tout, sans embarras, sans échafaudage et sans frais; mais venons aux faits, qui doivent servir de preuve à ce que nous avons avancé, et en faisant voir à quel degré d'exactitude nous sommes parvenus dans un premier essai; nous donnerons lieu de juger de celui que l'on pourra atteindre par la suite.

1°. La plus grande erreur sur la somme de trois angles de chacun de nos triangles a été de 4'' et demie, l'instrument Anglois n'a donné que 2'' 8; mais il avoit sur le nôtre l'avantage de ne point avoir ses observations altérées par l'erreur des réductions. 2°. L'on a vu que dans le VIIe. triangle, nous avons observé directement, avec le petit cercle, les angles sur Douvres au cap Blancnez et à Calais. L'angle à Blancnez fut mesuré à trois reprises différentes, douze fois le premier jour, vingt fois le second et dix fois le troisième; la plus grande différence entre les résultats des trois opérations, n'a été que de six dixièmes de secondes. D'après quoi nous avons établi la grandeur directe de cet angle de 119°. 46'. 4'',7, et réduit par le calcul à l'horizon 119°. 46'. 12'',7, et nous assurons qu'il n'est aucun angle de notre suite de triangle, dont nous puissions autant garantir l'exactitude. L'autre angle à Calais fut mesuré douze fois avec le plus grand soin. A la vérité, nous ne pûmes appercevoir le mât de Douvres, mais nous y avons réduit notre angle par le calcul, ce qui ne peut avoir affecté la mesure que d'une très-légère erreur. Quoiqu'il en soit,

nous l'avons trouvé de $47^{\circ} . 27' . 9''$. et réduit à l'horizon de $47^{\circ} . 27' . 2'' , 8 (1)$; donc le troisième angle à Douvres, doit être de $12^{\circ} . 46' . 45'' , 4$, réduit à l'horizon. C'est ainsi que l'instrument Anglois a dû le donner. En effet, par une mesure directe, le Général Roy l'avoit trouvé d'abord de $12^{\circ} . 46' . 39''$, mais dans la lettre que j'eus l'honneur de lui écrire en Janvier 1789, d'après la communication qu'il me donna de la valeur de cet angle à Douvres, je lui fis observer que sa mesure devoit être affectée d'une petite inclinaison dans la fleche du clocher de Calais vers Blancnez, je lui en fis même remarquer la preuve dans ses propres observations, d'après lesquelles il avoit déterminé la distance de cette fleche à un feu Indien, allumé sur la galerie du clocher vers Blancnez, de $3''$. plus petite que la mesure directe de ce feu, au centre du clocher, ne l'avoit donnée. Il lui fut donc bien prouvé qu'il devoit augmenter son angle de $3''$. et le porter à $12^{\circ} . 46' . 42''$.

Nous l'avons conclu de	12	46	45	$,4$
Différence.			$+$	$3'' , 4$

Voilà donc un premier résultat de la comparaison de l'instrument Anglois avec le nôtre. 3°. Le VIII^e. triangle nous offre une pareille vérification. Par l'observation des deux angles mesurés au Blancnez, nous avons conclu l'angle à Douvres de $23^{\circ} . 25' . 4'' , 0$

L'instrument Anglois l'a donné de	23	25	0	$,2$
Différence.			$+$	$3'' , 8$

Mais nous avouerons franchement que l'angle à Montlambert, n'avoit pu être mesuré de notre part assez exactement pour que nous crussions devoir y ajouter une aussi grande confiance. Nous ne pouvons donc nous prévaloir d'un accord auquel le hazard peut avoir eu part, sans au moins discuter une particularité remarquable que notre bonnefoi ne nous permet pas de taire. En effet, tandis que par nos deux angles mesurés, l'un à Blancnez, l'autre à Montlambert, nous avons

(1) M. Méchain a pris cet angle avec son quart de cercle de deux pieds, et sur un réverbère allumé de Douvres et au Blancnez, et il l'a trouvé de $47^{\circ} . 27' . 0'' , 1$.

conclu à 3'',8 près le troisième angle, tel que l'instrument Anglois l'a mesuré; de son côté le Général Roy, en concluant nos deux angles, se trouve différer considérablement de nos observations.

Car il conclut l'angle à Blancnez, de . . . 119°.41'.41'',6

Nous l'avons observé de . . . 119. 41. 28 ,9

Différence. — 12 ,7

Il conclut l'angle à Montlambert, de . . . 36°.53'.18'',1

Nous l'avons observé de . . . 36. 53. 29 ,1

Différence. + 11 ,0

Nous ne pouvons nous dispenser de faire à ce sujet les réflexions suivantes:

L'angle que nous avons observé au Blancnez, entre Douvres et Montlambert, est un des plus dignes de notre confiance. Il a été mesuré seize fois, dans les circonstances les plus favorables, avec un accord parfait dans les dernières mesures, il est donc impossible que la différence de 12'',7, entre le Général Roy et nous, soit une erreur de notre côté (2). Le seul angle à Montlambert pouvoit être abandonné de notre part, puisque nous ne le garantissons nullement; mais depuis que la mesure de cet angle, combinée avec celle de l'autre, que nous soutenons très-exacte, a donné un résultat confirmé par une mesure directe de l'instrument Anglois à Douvres, il n'est plus possible de le taxer d'inexactitude, sans rejeter le soupçon sur cet angle à Douvres, que le Général Roy a mesuré et trouvé le même que nous à 3'',8 près, et qu'il ne garantit d'attaque, qu'en partageant l'erreur entre nos deux angles également, mais avec un signe contraire, ce qui est inadmissible, en considérant d'ailleurs ce qui suit.

Sans doute, il appartient plutôt à une mesure directe de servir de vérification à une mesure conclue, qu'à une mesure conclue de condamner une mesure directe, lorsque d'ailleurs il y a parité d'exactitude

(2) M. Méchain, avec son quart de cercle, a mesuré cet angle de 119°. 31'. 20''. à quoi ajoutant 3''. pour l'erreur de l'instrument sur le tour d'horizon, on aura 119°. 41'. 23'', ce qui ne diffère de la valeur donnée par le cercle que de 5'',9; et se trouve bien plus défavorable encore au résultat du Général Roy, plus grand de 18'',6.

119 31 23

dans les moyens employés de part et d'autre. Or, dans le VII^e triangle nous avons vu que la mesure conclue de notre instrument, étoit la même à 3'',4 près, que la mesure directe, prise avec l'instrument Anglois. Réciproquement dans le VIII^e. triangle, c'est à la mesure conclue des opérations Angloises à se trouver conforme à la mesure directe, prise avec notre instrument, et s'il y a quelque différence, l'erreur ne doit pas être présumée de notre côté, d'autant que (et c'est ici un bien fort argument en notre faveur) dans ce même triangle, nos deux mesures directes à Blancnez et à Montlambert, se trouvent parfaitement d'accord avec la troisième mesure aussi directe, fait à Douvres; tandis que ce n'est que par des résultats indirects et un enchaînement d'angles conclus et non observés, que le Général Roy parvient à trouver onze et treize secondes de différence avec nos mesures directes, qui, certainement ne peuvent recevoir aucune atteinte d'une comparaison aussi inégale.

En voulant dégager notre instrument du soupçon d'avoir pu donner jusqu'à 13'' d'erreur dans la mesure d'un angle, nous sommes bien éloignés de vouloir le rejeter sur l'instrument Anglois, à la perfection duquel nous avons déjà rendu hommage, et que nous regardons aussi incapable que le nôtre d'une pareille inexactitude; mais nous sommes convaincus et regardons comme démontré, que la plus grande partie de cette différence de 13'', ne vient que de la manière dont le Général Roy a été obligé de déduire ses résultats. En effet, il n'a pu conclure l'angle au Blancnez ou à Montlambert, que par un seul angle observé de sa part dans le même triangle, et en se servant d'ailleurs de côtés déterminés par d'autres triangles, dans lesquels même il n'a pu mesurer que deux angles, et a été forcé de conclure le troisième. On juge d'après cela qu'il est facile qu'une petite erreur sur les premiers angles observés, croise avec le nombre des angles conclus, et des côtés calculés, et arrivant aux derniers résultats, se trouve monter à une dizaine de secondes.

Nous terminerons cette discussion, déjà peut-être un peu trop longue, par cette dernière remarque: le Général Roy a observé de la côte de Douvres, tous ses angles au sommet des triangles de jonction,

sur des feux Indiens que nous allumions sur le cap Blancnez et sur le Montlambert. Or, dans ces deux stations, nous avons été accueillis par des coups de vent qui portoient quelquefois la flamme des feux, entièrement de côté et par-là pouvoient produire une erreur sensible dans le pointé. C'est un véritable inconvénient que peuvent avoir ces feux en pareilles circonstances. Dans tout autre cas, nous les regardons comme les meilleurs points de mire qu'on puisse se procurer à de grandes distances.

4°. Après avoir fait connoître qu'elle a été la différence de part et d'autre dans la mesure des angles, voyons celle qui se trouve dans la détermination des lignes de jonction ou des distances entre Douvres et les principaux points de notre côte, n'employant de notre côté que les mesures d'angles qui nous sont propres, et d'après la valeur ci-dessus rapportée du côté d'Hondscotte à Dunkerque, pris pour base.

	<i>Selon le Général Roy.</i>	<i>Selon nous.</i>	<i>Différence.</i>
	Pieds.	Pieds.	Pieds.
De Calais à Douvres.	128965,0	128962,8	2,2
De Blancnez à Douvres.	109458,9	109451,7	7,2
De Montlambert à Douvres.	158405,8	158391,4	14,4
De Blancnez à Montlambert.	72470,0	72465,5	6,5

Ainsi la plus grande différence entre les deux opérations particulières, est de deux toises, 4 dix: sur le côté de Montlambert à Douvres, c'est-à-dire, sur une distance de 26400 toises, et il reste une incertitude de 1 toise, 2 dix: sur la plus petite largeur du Canal de la Manche, entre Douvres et le cap Blancnez.

5°. En conservant nos propres données dans le VIII^e. triangle, particulièrement notre distance de Montlambert à Douvres, de 158391,4 pieds; mais pour le reste, empruntant des observations du Général Roy les angles nécessaires pour prolonger notre chaîne jusqu'à High-Nook, nous avons cherché à conclure de ces opérations combinées, la longueur de la base de vérification mesurée en Angle-

terre , à Romney-Marsh , entre High-Nook et Ruckinge : voici les données et les résultats de cette seconde chaîne. (*Voy. Planche V*).

	STATIONS.	ANGLES observés.		distances		STATIONS.	ANGLES observés.		distances
		D.	M. S.				D.	M. S.		pieds	pieds
IX	Montlamber. . .	49.	9.31,9	174614,8	XIII	Swingfield . . .	48.38.15	13804,6	
	Douvres. . .	87.30.29,6	Folkstone. . .			60.27.39,5			
	FairlightDown	43.19.58,5	Padlesworth. . .			70.54. 5,5			
X	De Douvres à Fairli. Down.			39931,7	XIV	De Padleswor. à Folsktone.		51325,7	
	Fairl. Douwn.	6. 6.39,4	Padlesworth. . .			108. 9.34,5			
	Douvres.	21.37.55,4	Folkstone. . .			57. 2. 0			
XI	Padlesworth. . .	152.15.25,2	28670,7	XV	High-Nook. . .	14.48.25,5	21752,1		
	De Douvres à Padlesworth.				De Folkstone à High-Nook.				
	Padlesworth. . .	36.24.23			High-Nook. . .	79.41. 0,5			
XII	Douvres. . .	19.20.42	17380,3	XVI	Folkstone. . .	24. 17.6,2	26769,6		
	Swingfield . . .	124.14.55			Allington Knol	76. 1.53,3			
	De Douvres à Swingfield.				De Allin.Knoll. à High Nook.				
	Swingfield. . .	75.36.40			High-Nook. . .	34.13.22			
	Douvres. . .	34.39.26,5			Allington Knol	91.27.19,5			
	Folk.Turnpik.	69.43.53,5			Ruckinge. . .	54.19.18,5			
	De Swingfield à Folkstone.				De Ruckinge à Hi-No. Base.				

L'on voit donc qu'une chaîne de seize triangles , partant de Dun-kerque et appuyée sur un des côtés de la Méridienne de Paris , donne la longueur de base Angloise , entre *Ruckinge* et *High-*

Nook de Pieds. 26769,6

Mais par une mesure directe , elle a été trouvé de . 26772,6

Différence. 3,0

D'une part, une chaîne de vingt-quatre triangles, partant de Londres, et appuyée sur la base de Hounslowheath, a donné cette seconde base de Ruckinge à 4 pouces près, telle qu'elle a été mesuré, et cette chaîne se prolongeant ensuite par vingt autres triangles, jusqu'à Dun-kerque,

kerque, a donné la longueur d'une base proche de	Toisès.	Diffé.
cette ville, de	6225,45	
Par une mesure directe elle a été trouvée de. .	6224,36		1,09
Et par les différentes chaînes de triangles de la		
Méridienne de Paris	6225,59	0,14

Nous laissons nos Lecteurs faire les réflexions et tirer les conséquences que doit naturellement faire naître un exemple aussi frappant, de l'accord, de la précision dont sont susceptibles les opérations géodésiques faites avec de bons instrumens, et avec le soin et l'intelligence nécessaires.

C O N C L U S I O N.

Il nous reste à faire connoître pour dernier résultat, la distance en longitude des observatoires de Greenwich et de Paris, unique but de nos communes opérations.

A cet effet, en suivant l'ordre des opérations respectives, nous prendrons, les quatre principaux points de jonction des deux côtes, comme termes intermédiaires et communs, et déterminant, d'un côté leur différence avec le méridien de Dunkerque, d'après nos opérations, de l'autre côté leur différence avec le méridien de Greenwich, d'après les opérations Angloises, nous aurons par la somme de ces résultats combinés, la différence des deux méridiens de Greenwich et de Dunkerque, d'où nous conclurons ensuite facilement celle des méridiens de Greenwich et de Paris. C'est ce que présente le tableau suivant:

LATITUDE	Valeur supposée du degré du méridien.	Par les opérations Angloises.		Par les opérations Françoises.		Longit. de Greenw. comptée de Dun- kerque.	
		Distance au méridien de Greenwich	Longitude comptée de Greenwich	Distance au méridien de Dunkerq.	Longitude comptée de Dunkerq.		
D. M.	toises	toises.	D. M. S.	toises.	D. M. S.	D. M. S.	
Douvres..	51. 7,8	36077,51	47510,08	1.19. 0,8	37881,53	1. 3. 0,0	2.22.0,8
Calais. ...	50.57,5	36210,95	66847,52	1.50.45,8	18852,87	0.31.14,4	0,2
Blancnez.	50.55,5	36236,58	61754,87	1.42.15,8	24008,10	0.39.45,2	0,4
Montlam.	50.43,0	36396,77	59877,93	1.38.42,5	26270,33	0.43.18,4	0,9

Par un milieu. 2.22.0,6

Les réductions en longitude, sont faites ici dans l'hypothèse que la terre est un spheroïde (1), dans lequel l'accroissement des degrés du méridien, en s'éloignant de l'équateur, suit la raison de la quatrième puissance des sinus de latitude. Cette hypothèse, que nous devons à M. Bouguer, paroîtroit la plus satisfaisante, d'après un tableau très-intéressant, que le Général Roy a publié dans son écrit de 1787, où il a calculé dans dix hypothèses différentes la valeur des degrés comparée à celle qu'ont donné les meilleures mesures qui ont été exécutées. Les essais même que ce savant a faits, pour déterminer la grandeur des degrés de longitude, par les observations de l'étoile polaire, semblent procurer une nouvelle confirmation de cette hypothèse. L'on trouvera ci-après, N°. 2, un extrait du tableau ci-dessus mentionné.

Néanmoins comme l'hypothèse des méridiens elliptiques, est faite pour trouver un plus grand nombre de partisans ; nous offrons ici les résultats qu'elle donne, en supposant le rapport des axes de 229 : 230.

	Par les opérations Angloises.			Par les opérations Françaises.			Longit. de Greenw. comptée de Dun- kerque.
	Distances à la Méri- dienne | perpendi- culaire de Greenwich.		Longi- tude comptée de Greenwic.	Distances à la Méri- dienne | perpendi- culaire. de Dunkerque.		Longitude comptée de Dun- kerque.	
	toises.	toises.		D. M. S.	toises.			toises.	D. M. S.	D. M. S.
Douvres..	47510,1	19441,5:S.	1.19.17,7	37881,5	5643,0:N.	1. 3.13,3	2.22.31,0
Calais....	66847,5	28815,8:S.	1.51.10,3	18852,9	4351,4: S.	0.31.20,6	30,9
Blancnez.	61754,9	30831,7:S.	1.42.37,2	24008,1	6201,4: S.	0.39.53,7	30,9
Montlam.	59877,9	42763,3:S.	1.39. 3,4	26270,3	18065,0: S.	0.43.27,3	30,7
							Par un milieu. 2.22.30,8

Ayant ainsi déterminé la différence de longitude entre Greenwich et Dunkerque, de 2°. 22'. 0'',6, il n'y a plus qu'à en soustraire la longitude de Dunkerque, par rapport à l'Observatoire Royale de Paris. Or, la distance de Dunkerque au méridien de Paris, est de 1420 toises

(1) Voyez à la suite de cet article, la table N°. 1, de la valeur des degrés de longitude, de latitude, et du cercle perpendiculaire au méridien dans ce spheroïde, pour les principales latitudes.

à l'Orient (2), qui sur le parallèle de 51°. 2',2, répondent à 0°. 2'. 21'',4; nous retrancherons donc cette quantité de la longitude de Greenwich, à l'égard de Dunkerque, trouvée ci-dessus, et nous aurons définitivement :

Longitude de l'Observatoire Royal de Greenwich, comptée de l'Observatoire Royal de Paris (3) vers l'Ouest.	}	1re. Hypothese.	2e. Hypothese.
		. . . . . 2°. 19'. 39'',2	. . . . . 2°. 20'. 9'',4
		en temps <i>oh.</i> 9. 18,6	. . . . . <i>oh.</i> 9. 20,6

9 22. 1850
9 21. 1872

(2) Méridienne vérifiée, p. 57. A la vérité, dans une table particulière de la distance des principaux objets ; à la Méridienne de Paris et à sa perpendiculaire, on trouve dans le même ouvrage, page 276 cette même distance de 1430 toises ; mais ce second résultat ne peut balancer celui qui a été admis à la page 57, d'après une discussion motivée ; au reste ces dix toises de différence, ne répondent qu'à environ 1'' de degrés.

(3) Le Général Roi trouve 2°. 19'. 42'' et *oh.* 9'. 18'',8
 Il conclut aussi de ses opérations la distance entre Toises.
 les parallèles de Greenwich et de Dunkerque de 25257,54
 Répondant à un arc céleste de 0°, 26'. 30'',7
 Toises.

Ce qui donne le degré du méridien à cette latitude (51°,3) de 57116,5 et confirme de la manière la plus authentique la mesure du degré faite entre Paris et Dunkerque, et s'accorde à 4,7 toises près, avec la valeur du degré, calculée dans l'hypothese de M. Bouguer. (*Voy. tableau N°. 2, dernière colonne*).



N^o. I.

TABLE DE LA VALEUR DES DEGRÉS

POUR DIVERSES LATITUDES.

En supposant que la terre est un sphéroïde, dans lequel les degrés du méridien au dessus de l'équateur, croissent comme les quatrièmes puissances des sinus des latitudes.

Lati- tude.	VALEUR DU DEGRÉ			Lati- tude.	VALEUR DU DEGRÉ		
	de Latitude.	de Longitude.	du gr. cercle perpendi. au méridien		de Latitude.	de Longitude.	du gr. cercle perpendi. au méridien
d.	Toises.	Toises.	Toises.	d.	Toises.	Toises.	Toises.
0	56752,91	57264,45	57264,45	48	57045,47	38451,10	57464,19
5	56753,00	57048,42	57266,35	49	57064,11	37705,30	57472,34
10	56753,82	56402,24	57272,33	50	57083,22	36947,81	57480,58
15	56757,25	55329,72	57281,53	51	57102,78	36178,92	57488,88
20	56766,07	53841,56	57296,99	52	57122,76	35398,82	57497,22
25	56783,54	51946,16	57316,25	53	57143,11	34607,74	57505,61
30	56812,89	49658,22	57340,38	54	57163,99	33805,87	57514,00
35	56856,75	46994,22	57369,35	55	57184,77	32993,50	57521,42
40	56916,67	43973,20	57402,87	56	57205,98	32170,84	57529,84
41	56930,62	43327,94	57410,07	57	57227,41	31338,11	57538,23
42	56945,21	42669,46	57417,41	58	57248,99	30495,57	57546,59
43	56960,43	41997,88	57424,86	59	57270,66	29643,47	57554,90
44	56976,26	41313,50	57432,52	60	57292,46	28782,08	57563,16
45	56992,72	40616,37	57440,27	70	57500,73	19713,98	57639,84
46	57009,75	39906,84	57448,15	80	57655,03	10018,39	57694,05
47	57027,34	39184,97	57456,12	90	57711,99	0 ,0	57712,01

N^o. II. TABLEAU des diverses hypotheses sur la figure de la terre.

EN SUPPOSANT LA FIGURE DE LA TERRE									
DIMENSIONS.	<i>Sphérique.</i>	<i>Ellipsoïde</i>						<i>Sphéroïde.</i>	
		1	2	3	4	5	6	I	II
	Toises.	Toises.	Toises.	Toises.	Toises.	Toises.	Toises.	Toises.	Toises.
Demi-diametre de l'équateur.	3271849,5	3288335,6	3285761,8	3282023,6	3274640,0	3272768,1	3270504,9	3181194,1	3281012,1
Demi-axe entre les poles.	3271849,5	3269971,0	3268690,3	3266828,7	3260402,2	3262225,3	3264448,2	3266449,6	3262687,0
Rapport des demi-diametres..	.....	(179,047 (178,047	(192,483 (191,483	(216,06 (215,06	(230 (229	(310,3 (309,3	(540 (539	(222,55 (221,55	(179,4 (178,4
<i>ERREUR DE CHAQUE HYPOTHESE.</i>									
<i>Degrés du méridien mesurés.</i>									
	LATIT.	TOISES.							
A l'équateur 0° . . .	56752,95	+351,5	0	0	0	- 95,6	0	+116,8	0
à 45°	57027,97	+ 76,4	+202,3	+168,9	+120,2	0	0	+111,5	- 35,2
Au cer. pol. 66°, 3... .	57418,96	- 314,5	+138,9	+ 82,1	0	- 137,4	- 203,0	+284,0	- 17,4
<i>Arcs mesurés entre</i>									
Greenw. et Dunker. 25237,54		- 6,5	+ 95,7	+ 90,9	+ 51,6	- 4,7	- 14,0	- 24,3	+ 45,0
Dunkerq. et Paris. 125505,92		+ 49,7	+507,6	+484,0	+295,5	+ 22,4	- 17,7	- 59,1	+271,1
Paris et Bourges . .	100067,50	+ 45,9	+353,7	+336,8	+187,6	- 20,5	- 40,3	- 59,1	+172,6
Bourges et Rodes. 155866,73		+222,3	+598,5	+574,0	+376,2	+ 38,4	+ 27,1	+ 23,4	+350,8
Rodes et Perpignan. 94250,94		+ 73,1	+240,2	+226,0	+111,6	- 84,4	- 78,7	- 66,5	+ 92,8
<i>Degrés de longitude.</i>									
En France. 43°. 32'. 41618,00		- 218,7	+100,2	+ 71,3	+ 1,1	- 97,7	- 132,2	- 199,1	- 11,2
Le signe + indique que le degré ou l'arc calculé, excède celui qui a été mesuré.									

(69)

S U P P L É M E N T.

J'AI jugé qu'il seroit agréable et utile pour ceux qui ayant à exécuter des opérations trigonométriques, voudront y employer de préférence le nouvel instrument que j'ai décrit dans le deuxième Chapitre de cet Ouvrage, de donner dans ce Supplément l'usage du cercle dans la mesure des hauteurs verticales, tant sur terre que dans le ciel, pour la détermination exacte de l'élevation des points de stations, et de la latitude des lieux. J'y joindrai un précis des différentes méthodes de réduction et de calculs, déjà connues, à la vérité, mais que bien des personnes seront peut-être charmées de trouver ici rassemblées.

§. I.

Usage du cercle à deux lunettes, dans la mesure des angles verticaux et de la hauteur des astres.

Nous avons donné dans le Chapitre II la description détaillée de notre instrument, de tous ses mouvemens et de la manière de l'employer sur terre à la mesure des angles de distance entre les objets. Pour le rendre également propre à mesurer, soit l'angle d'élevation de ces mêmes objets, soit les hauteurs du soleil et des autres astres, il ne s'agit que de la simple addition d'un niveau placé sur la lunette inférieure F; dès-lors, cette seconde lunette ne fait plus que la fonction de support du niveau et ne se pointe jamais sur l'astre. La lunette supérieure L, sert seule à l'observation, et par un mouvement alternatif, tantôt du cercle sur lui-même, tantôt de la lunette sur le limbe, elle se ramène sur l'objet à chaque mesure particulière. C'est ce que nous nous allons expliquer avec le détail nécessaire à l'intelligence de ce nouveau procédé d'observation.

1°. Pour disposer l'instrument à l'observation d'un angle de hauteur, après l'avoir établi sur son support, de manière qu'une des trois vis E, se trouve dirigée vers l'objet, rendez, au moyen de ces vis, la colonne du pied O verticale; puis donnant au plan de l'instrument, le grand mouvement sur son axe AA, (en lâchant la vis de pression H, ainsi que nous l'avons prescrit précédemment); disposez le limbe verticalement (ce qui se vérifie par le moyen d'un petit fil à plomb); placez horizontalement la lunette F, qui porte le niveau, et faisant pirouetter l'instrument en entier sur la colonne, voyez si le niveau reste à très-peu-près fixe, si non, corrigez par les vis le défaut de verticalité qu'indique la variation du niveau; on peut se servir encore à cet effet d'un petit niveau placé sur l'axe Z.

Disposition
de l'instru-
ment.

2°. Amenez et fixez la lunette supérieur L, sur le point zéro de la division. Puis ayant tourné l'instrument sur sa colonne, de manière que le plan de son limbe et la lunette d'observation, se trouvent à votre droite et dans le vertical de l'objet, donnez au cercle le grand mouvement sur le tambour (en désangrainant la vis G, par le moyen du ressort R), afin d'entraîner et d'amener sur l'astre la lunette toujours fixe sur zéro.

C'est alors que va commencer l'observation, et nous ne devons pas dissimuler que pour les astres, dont la hauteur change à chaque instant, par l'effet du mouvement diurne, elle deviendrait d'une grande difficulté et d'une longueur rebutante (1), sans le concours de deux Observateurs, dont le *premier* ne soit occupé qu'à pointer la lunette sur l'astre; le *second* à placer le niveau et à conserver sa position; c'est de ce partage bien entendu dans les fonctions, c'est de l'accord mutuel des deux observateurs que dépendent le succès et la promptitude de l'observation, dont nous allons le plus clairement qu'il nous sera possible, marquer tous les instans avec les mouvemens de chaque Observateur.

(1) On perdrait même le fruit et l'avantage de cette espece d'observation, pour laquelle il est important d'obtenir le plus grand nombre de mesures dans le moins de temps possible.

I^{re}. OBSER-
VATION.

Le premier Observateur tenant une fois l'astre dans le champ de la lunette, l'amenera sur le fil horizontal par le seul petit mouvement du cercle sur son tambour (au moyen de la vis d'engrainage G). Pendant ce temps, le second Observateur rendant mobile le niveau, le disposera horizontalement, le conservera, et corrigera à chaque instant (par le moyen de la vis de rappel V, de la lunette F, qui le supporte) les petits dérangemens que lui cause fréquemment le premier Observateur, en cherchant à couper l'astre par le fil. Et le moment, où par un heureux concours, le niveau se trouvera parfait et l'astre bien coupé (ce dont les deux Observateurs s'avertissent mutuellement) est celui où la première observation se trouve faite, et dont il faudra seulement remarquer, l'heure, la minute et la seconde, sans qu'il soit question des degrés. Car quoiqu'il y ait réellement une observation de faite, une mesure prise, néanmoins l'instrument ne marque, cette fois, aucune hauteur, puisque dans cette opération, la lunette est toujours restée fixe sur le point de zéro, n'ayant été amenée sur l'astre que par le mouvement de rotation du cercle.

II^e. OBSER-
VATION.

Première
mesure, an-
gle double.

Le premier Observateur fera pirouetter l'instrument sur sa colonne, de sorte que par une demi-révolution, le limbe de la lunette L, qui étoit à sa droite, se trouve à sa gauche, et dans le plan vertical de l'astre. Or, de ce côté gauche, c'est toujours au tour de la lunette L à être mobile, et au tour du cercle à être fixe. Le premier Observateur fera donc glisser la lunette L sur le limbe, qui doit rester immobile, afin de la ramener sur l'astre, et tandis que par le moyen de la petite vis de rappel v, de cette lunette, il cherchera à disposer le fil sur l'astre; le second Observateur disposera, conservera et corrigera le niveau par le moyen de la vis du tambour G, se donnant bien de garde de toucher à la lunette F, qui supporte le niveau et qui doit rester fixe. Enfin, à l'instant où les Observateurs s'avertiront mutuellement, l'un que l'astre est sur le fil, l'autre que le niveau est juste, la première mesure se trouvera faite, on en marquera l'heure à la pendule, ainsi que les degrés où la lunette se trouvera fixée sur le limbe. Ce sera l'arc double de la distance de l'astre au zenith qu'elle
aura

aura parcouru depuis le point de zéro où elle se trouvoit fixée dans la première observation (2).

Le premier Observateur faisant faire à l'instrument une demi-révo-
lution sur la colonne, le ramenera sur la droite dans sa première posi-
tion. De ce côté, la lunette doit toujours rester fixe sur le limbe, c'est
au cercle à se mouvoir. L'Observateur donnera donc au cercle le grand
mouvement de rotation sur son tambour pour ramener la lunette sur
l'astre; et se servira de la vis d'engrainage pour disposer le fil horizon-
tal. Le second Observateur, au contraire, rendra le niveau mobile et se
servira de la petite vis de rappel de la lunette qui le supporte. Enfin,
aussi-tôt que les deux Observateurs se trouveront d'accord, l'un sur le
niveau, l'autre sur l'intersection de l'astre par le fil, ils s'avertiront et
marqueront seulement l'instant de l'observation à la pendule; (car,
de ce côté, il n'y a jamais de degrés à marquer, puisque la lunette reste
fixe sur le limbe au même point où elle a été placée dans l'observation
précédente).

L'observateur se hâtera donc de faire faire une demi-révolution à
l'instrument sur sa colonne, pour procéder à la quatrième observation.

La lunette étant ramenée vers la gauche de l'Observateur, c'est

III^e. OBSER-
VATION.

IV^e. OBSER-
VATION.

Deuxième
mesure, an-
gle quadru-
ple.

(2) Pour concevoir ceci facilement, soit représenté *fig. 9, Pl. III*, la position de l'instrument dans la première observation (comme dans toutes celles de nombre impair); alors la lunette MN, qui porte le niveau, fait avec la lunette d'observation AB, dirigée vers l'astre un angle SCM, égal à la hauteur de l'astre. L'instrument ensuite étant retourné pour la seconde observation (comme pour toutes celles de nombre pair) se trouve dans la position que présente la figure 10, *Pl. III*; alors vous voyez que la lunette AB, tournée du côté absolument opposé à l'astre, a fait une demi-révolution au tour du zénith, et que son objectif étant vers l'Observateur, il faut pour le ramener sur l'astre, dans la direction CS, détacher la lunette et lui faire parcourir sur le limbe l'arc gf, double de la distance de l'astre au zénith. Or, la lunette, à chaque nouvelle mesure s'avancant ainsi sur le limbe d'un arc double de la distance au zénith, elle parcourra, à pas égaux, une et plusieurs circonférences du cercle, de sorte qu'en deux mesures, elle aura décrit quatre fois; en trois mesures, six fois; en quatre mesures, huit fois; la valeur de la distance de l'astre au zénith.

alors que pour la retourner sur l'astre, il faut la rendre mobile et la faire glisser sur le limbe, puis ramener le fil sur l'astre, au moyen de la vis de rappel. De son côté, le second Observateur ne placera le niveau que par le mouvement de rotation du cercle, et la vis d'engrènement du tambour. Enfin, lorsque l'un et l'autre seront d'accord, ils en marqueront l'instant à la pendule, ainsi que le nouveau degré marqué sur le limbe par la lunette, ce qui donnera *l'arc quadruple* de la distance de l'astre au zénith.

V^e. OBSERVATIONS. Nouvelle demi-révolution de l'instrument de gauche à droite; même position et même procédé pour la lunette et le niveau que dans la première et la troisième observation.

VI^e. OBSERVATION. Nouvelle révolution de l'instrument de droite à gauche; même position et même procédé pour la lunette et le niveau que dans la seconde et quatrième observation; nouveaux degrés marqués sur le limbe, et qui donneront *l'arc sextuple* de la distance de l'astre au zénith, (ayant égard au nombre de fois que la lunette aura achevé l'entière révolution sur le cercle et comptant autant de fois 360°.)

Troisième mesure, angle sextuple.

On continuera ainsi en multipliant les mesures autant qu'on le jugera à propos.

R E M A R Q U E S.

1°. Le grand point dans ces opérations, est de ne pas se méprendre sur le moyen dont on doit donner le mouvement, soit à la lunette, soit au niveau; car, si l'on se trompe, il faut recommencer toutes ses observations. De l'habitude et une légère attention, empêcheront toute méprise, sur-tout en retenant les règles générales suivantes.

Les opérations sont toujours les mêmes, quand l'instrument est tourné du même côté; quand il est sur la gauche, la lunette doit être mobile, par elle-même; quand il est sur la droite, la lunette doit rester fixe sur le limbe et ne tourner qu'avec le cercle.

Le mouvement du niveau est toujours l'inverse de celui de la lunette; quand la lunette est mobile, le niveau doit rester fixe et n'être disposé que par le mouvement du cercle.

2°. A la place du mouvement par le tambour, on peut employer, et même avec avantage, celui de la vis du pied E; qu'à cet effet, nous avons recommandé de placer dans la direction de l'astre, en disposant l'instrument. En effet, souvent les pas de la vis d'engrènement G ne se trouvent pas assez fins, vu le petit diamètre du tambour, pour procurer un mouvement insensible dont on a quelquefois besoin pour ramener l'astre sur le fil horizontal ou pour corriger le niveau. Or, l'on obtient de la vis du pied ce mouvement doux et insensible, sur-tout par l'addition très-simple d'une seconde vis e, qui souleve un petit bras de levier sur lequel porte la grande vis du pied E. L'on sent bien qu'il ne faut faire usage de ce mouvement que lorsqu'il n'y a plus qu'une correction infiniment petite à faire à la position de la lunette ou du niveau, sans cela on dérangerait trop la verticalité du plan de l'instrument.

3°. L'on peut s'exempter de prendre à chaque mesure complète, les degrés marqués par la lunette sur le limbe, ce qui allonge beaucoup l'opération; il suffit donc d'écrire les heures de chaque observation; et ce n'est qu'à la dernière, en finissant le nombre de mesures complètes qu'on veut exécuter, qu'il faut écrire le degré que marque la lunette sur le limbe.

4°. Il n'est nullement nécessaire de placer, en commençant les observations, la lunette sur le zero de la division; tout autre degré peut être également pris pour point de départ.

Pour ne rien laisser à désirer à nos Lecteurs, nous allons aux préceptes joindre quelques exemples, nécessaires, sur-tout, pour apprendre à calculer les résultats de ces sortes d'observations.

E X E M P L E.

De la disposition des observations et du calcul de la hauteur d'une étoile, prise aux environs du méridien avec le cercle.

Au mois d'Août 1790, voulant déterminer avec la dernière exactitude la hauteur méridienne de l'étoile β de l'aigle, j'y disposai un cercle de 15 pouces de diamètre, construit par M. Lenoir, absolument dans les mêmes principes et de la même forme que celui que j'ai décrit dans cet Ouvrage.

Je commençai le 22 de ce mois et continuai le 25 et le 30, faisant chaque jour dix observations, que j'exécutois dans l'espace d'environ douze minutes. En conséquence, je ne commençois qu'environ six minutes avant l'heure du passage de l'étoile au méridien, afin d'avoir des réductions moins fortes et d'obtenir à-peu-près le même nombre de mesures de chaque côté du méridien. Et je marquois en finissant le point du limbe où se trouvoit la lunette à chaque dixième observation.

J'ai rassemblé dans le tableau suivant les données et les résultats partiels de chaque jour d'observation. La première colonne, sous le titre de *distance au méridien*, contient la différence entre l'heure du passage de l'étoile au méridien, et l'heure de chaque observation faite avec l'instrument tourné alternativement à droite et à gauche. La colonne suivante renferme pour chaque jour en haut le point de départ, c'est-à-dire, le point du limbe où étoit fixée la lunette en commençant, et en bas le point d'arrivée, c'est-à-dire, celui où elle s'est trouvée en finissant et complétant la dernière mesure. Enfin la troisième colonne, sous le titre de réduction, renferme une correction relative à la quantité, dont la hauteur de l'astre à chaque observation devoit différer de la hauteur méridienne; quantité que l'on trouve toute calculée dans la table n°. III, mise à la fin de cet article, et qui doit être toujours soustractive de la distance au zénith.

	Le 22			Le 25			Le 30			
	<i>distance au méridien</i>	<i>Arc parcouru.</i>	<i>Réduction.</i> T. III ^e .	<i>distance au méridien</i>	<i>Arc parcouru.</i>	<i>Réduction.</i> T. III ^e .	<i>distance au méridien</i>	<i>Arc parcouru.</i>	<i>Réduction.</i> T. III ^e .	
	M. S.	D. M. S.		M. S.	D. M. S.		M. S.	D. M. S.		
Août 1790.	- 6.49,4	o. o. o.	- 46,56	- 6.16	429.17.22,5	- 39,26	- 7. 3	858.35.30,	- 49,69	
	5.26,4		29,58	5.15		27,55	5.40		32,10	
	3.40,4		13,49	3.38		13,20	4. 6		16,80	
	2.30,4		6,28	2. 6		4,41	2.46		7,65	
	1.11,4		1,41	0.49		0,66	1.31		2,30	
	+0.13,6		0,05	+0.36		0,56	0.21		0,12	
	1.33,6		2,43	2. 6		4,41	+0.58		0,93	
	2.49,6		8,00	3.17		10,78	2.22		5,60	
	4.27,6		19,90	4.48		23,04	4. 4		16,53	
	5.50,6	429.17.22,5	34,13	5.56	858.35.30,	35,20	5.31	1287.53.4,0	30,43	
Somme des Réductions			161,83				- 158,87	162,15		
qu'il faut diviser par le nombre d'observations..			10				10	10		
Quotient.			16,18				15,88	16,21		
par lequel doit être multipliée la quantité correspondante à la déclinaison de l'astre (V. T. IV.)			-1'',91				1,91	1,91		
Produit.			- 30'',90				- 30'',53	- 30'',96		
qui étant toujours soustrait de l'arc parcouru entre la première et la dernière mesure, divisé par le nombre des observations.			42°.55'.44'',2				42°.55'.48'',7	42°.55'.45'',4		
Donne définitivement la distance cherchée de l'étoile au zénith. . .			42°.55'.13'',3				42°.55'.18'',4	42°.55'.14'',5		

Ces distances au zénith n'étant qu'un résultat partiel des observations de chaque jour, ne peuvent être qu'une approximation ; mais il

ne tient qu'à nous d'obtenir une exactitude deux et trois fois plus grande.

En effet, au lieu de n'employer que dix observations à la fois, prenons-en vingt, celles du 22 et du 25.

N'ayant donc aucun égard à la dernière mesure prise le 22, prenons seulement l'arc parcouru à la dernière observation du 25, et qui s'est trouvé de $858^{\circ}.35'.30''$ lequel divisé par 20, nombre des observations, donne $42^{\circ}.55'.46'',5$

Prenons la somme de toutes les réductions correspondantes aux vingt observations, divisée par le nombre de ces observations, ou $\frac{320,70}{20} = 16,03$, qu'il faut multiplier par l'équation $1'',91$ de la table n° IV, le produit donnera pour la correction de la distance au zénith ou sa réduction dans le méridien —30,6

Donc distance au zénith par 20 observations . . . $42^{\circ}.55'.15'',9$

Enfin, pour obtenir une plus grande exactitude encore, au lieu de vingt observations prenons toutes les trente ensemble, celle du 22, du 25 et du 30.

N'ayant donc aucun égard aux mesures prises le 22 et le 25, employons seulement l'arc parcouru à la dernière observation du 30, et nous aurons $\frac{1287^{\circ}.53'.4''}{30} = 42^{\circ}.55'.46'',1$

La réduction dans le méridien sera $\frac{482,85}{30} \times 1'',91 =$ —30,7

Donc distance au zénith par 30 observations . . . $42^{\circ}.55'.15'',4$

Ce dernier résultat ne diffère plus du précédent que d'une demi-seconde. Et, en effet, des expériences multipliées nous ont fait reconnaître qu'avec notre instrument, passé la vingtième observation (quand les circonstances ont été favorables) on ne trouve plus guères entre les résultats, au-delà d'une seconde ou une seconde et demie de différence, à moins qu'une dernière mesure ne tombe, par hasard, sur une erreur de division ou d'observation un peu forte, laquelle alors sera d'autant plus atténuée, que le diviseur ou le nombre des

observations précédentes deviendra plus grand. Voilà donc l'avantage qu'il peut y avoir de faire au-delà de vingt observations, qui, sans cela, seroient très-suffisantes pour obtenir les hauteurs à la précision d'environ une seconde.

Un autre motif encore doit engager, sur-tout avec un instrument d'un aussi petit rayon que le nôtre, à multiplier davantage les mesures, ainsi qu'à ne point se contenter d'écrire à la trentième ou quarantième observation, l'arc parcouru par la lunette, mais à tenir note de celui qui se trouve chaque jour à la fin de l'opération. C'est de pouvoir faire usage de différens points de départ. En effet, dans l'exemple présent, on sent bien que si, faute d'attention de l'observateur, la lunette en commençant n'a pas été parfaitement mise sur le point de zero, l'erreur entière influera sur tous les derniers résultats. Pour vérifier si pareille chose a eu lieu, ayant eu trente observations, je supprime les dix premières; il m'en reste encore 20, nombre suffisant pour avoir un résultat exact; et je calcule la distance au zénith de l'étoile, avec les seules observations du 25 et du 30, en prenant pour nouveau point de départ le degré du limbe ($69^{\circ}.17'.22'',5$) où s'est trouvé la lunette à la dernière observation du 22, après avoir parcouru un arc de $429^{\circ}.17'.22'',5$.

J'ai donc $1287^{\circ}.53'.4'' - 429^{\circ}.17'.22'',5 = 858^{\circ}.35'.41'',5$ arc parcouru depuis la dixième jusqu'à la trentième observation, lequel divisé par 20 donne $42^{\circ}.55'.47'',0$

La réduction dans le méridien sera $\frac{321,02}{20} \times 1'',91 = \underline{\quad - 30,65}$

Donc distance au zénith par 20 observations et d'après un nouveau point de départ $42^{\circ}.55'.16'',3$

Mais en prenant zero pour point de départ, un égal nombre de vingt observations avoit donné $42^{\circ}.55'.15'',9$

Ainsi deux différens points du limbe ont donné le même résultat à quatre dixième de seconde près. Ce qui donne en même-temps une justification des résultats et une vérification de la division de l'instrument.

Voilà donc trois combinaisons d'observations, qui, entre elles, n'ont différé que de 0'',9.

En effet, la 20^{me} observ. en partant de zéro a donné . 42°.55'.15'',9
 la 20^{me} en partant de 69°.17',4 16,3
 la 30^{me} en partant de zéro 15,4

Et pour que l'on ne croye point qu'un pareil accord n'a eu lieu que par hasard, dans une seule occasion, voici encore quelques distances au zénith apparentes, prises avec le même instrument.

<i>Vers le 15 Août 1790, β de laigle.</i>	<i>7 Août 1790. γ d'ophiu.</i>	<i>20 Août 1790, Arcturus.</i>
La 18 ^{me} . observ. a donné 38°.42'.15'',2	La 10 ^{me} . 44°.8'.56'',8	La 20 ^{me} . 28°.33'.40'',8
24 ^{me} . 14 ,5	18 ^{me} . 58 ,2	32 ^{me} . 43 ,8
30 ^{me} . 13 ,3	28 ^{me} . 58 ,1	38 ^{me} . 42 ,4
40 ^{me} . 12 ,7		44 ^{me} . 42 ,2

Les hauteurs du soleil ne se prennent pas moins exactement ; on met alternativement le bord supérieur et le bord inférieur en contact sur les deux côtés du fil horizontal, ce qui donne les distances au zénith du centre directement.

L'accord que l'on vient de voir entre des observations faites avec un aussi petit instrument, doit confirmer ce que nous avons annoncé de l'exactitude que l'on pouvoit attendre dans la mesure des angles avec les nouveaux cercles, construits et employés de la manière que nous avons enseignés. Les détails dans lesquels je viens d'entrer, me semblent plus que suffisans pour mettre tous les Observateurs en état de faire un usage aussi satisfaisant qu'avantageux, de pareils instrumens, qui, pouvant donner les angles sur terre et les hauteurs des astres avec une précision au moins égale aux plus grands et aux meilleurs quarts de cercle, deviendront également propres aux Géographes et aux Astronomes. L'Observatoire Royal de Paris est déjà muni de deux de ces instrumens; celui de 15 pouces dont je viens de parler et un de trois pieds qui va être incessamment achevé. En attendant, j'ai entrepris, avec le cercle de 15 pouces, la vérification des divisions du grand quart de cercle, mobile de 6 pieds, et je suis persuadé que la vérification par le cercle de 3 pieds changera peu de choses aux résultats ; mais plus le rayon du cercle sera grand, moins il sera nécessaire de multiplier le nombre des mesures, et plutôt on aura lieu et facilité d'arriver au dernier degré d'exactitude.

TABLE

T A B L E

Pour la réduction au méridien, des hauteurs ou des distances au zénith d'un astre, prises une minute avant ou après le passage au méridien.

I^{re}.

Déclinaison de l'astre.	Bo-		Aus-		déclinaison.		Bo-		Aus-		déclinaison.		Bo-		Aus-	
	réale.	trale.	réale.	trale.	réale.	trale.	réale.	trale.	réale.	trale.	réale.	trale.	réale.	trale.	réale.	trale.
Correction soustractive des distances au zénith observées.																
D.	s.	s.	D. M.	s.	s.	D. M.	s.	s.	D. M.	M.	s.	D. M.	s.	s.	D. M.	s.
1	1,743	1,691	21. 0	2,582	1,286	31. 0	3,614	1,126	38. 0	5,410	1,020					
2	1,771	1,666	30	2,617	1,277	20	3,668	1,121	10	5,482	1,017					
3	1,779	1,642	22. 0	2,653	1,269	40	3,725	1,115	20	5,555	1,015					
4	1,829	1,618	30	2,690	1,260	32. 0	3,781	1,110	30	5,630	1,012					
5	1,859	1,595	23. 0	2,728	1,252	20	3,841	1,105	40	5,709	1,010					
6	1,891	1,572	30	2,768	1,244	40	3,904	1,100	50	5,790	1,007					
7	1,924	1,550	24. 0	2,810	1,236	33. 0	3,969	1,095	39. 0	5,872	1,005					
8	1,957	1,529	30	2,853	1,228	20	4,037	1,090	5	5,915	1,003					
9	1,993	1,508	25. 0	2,897	1,220	40	4,108	1,085	10	5,959	1,001					
10	2,030	1,487	30	2,942	1,212	34. 0	4,180	1,080	15	6,012	0,999					
11	2,069	1,467	26. 0	2,990	1,204	20	4,258	1,075	20	6,047	0,997					
12	2,109	1,448	30	3,040	1,196	40	4,339	1,070	25	6,093	0,996					
13	2,151	1,429	27. 0	3,093	1,188	35. 0	4,424	1,065	30	6,139	0,995					
14	2,195	1,410	30	3,148	1,180	20	4,512	1,060	35	6,186	0,994					
15	2,242	1,391	28. 0	3,206	1,172	40	4,605	1,055	40	6,235	0,993					
16	2,291	1,373	30	3,265	1,164	36. 0	4,700	1,050	45	6,285	0,992					
17	2,343	1,355	29. 0	3,329	1,156	20	4,803	1,045	50	6,335	0,991					
18	2,398	1,337	30	3,395	1,148	40	4,912	1,040	55	6,386	0,990					
19	2,456	1,320	30. 0	3,464	1,141	37. 0	5,026	1,035	40. 0	6,437	0,990					
20	2,517	1,303	30	3,537	1,133	20	5,147	1,030								
21	2,582	1,286	31. 0	3,614	1,126	40	5,273	1,025								

Nota. Ces corrections doivent être multipliées par les nombres de la Table III^e. lorsque l'observation a été faite plutôt ou plutôt qu'une minute avant ou après le passage au méridien.

L

SUITE DE LA TABLE PRÉCÉDENTE,

Pour les étoiles qui passent du côté du Nord entre le pôle & le zénith.

I I^e.

décli- nai- son bo- réale.	Méridien										
	supé- rieur.	infé- rieur.		supé- rieur.	infé- rieur.		supé- rieur.	infé- rieur.		supé- rieur.	infé- rieur.
D. M.	s.	s.	D. M.	s.	s.	D. M.	s.	s.	D. M.	s.	s.
56. 0	5,796	0,748	64. 0	2,166	0,615	72. 0	1,015	0,465	80. 0	0,434	0,288
30	5,348	0,740	30	2,061	0,606	30	0,968	0,455	30	0,406	0,276
57. 0	4,957	0,732	65. 0	1,962	0,597	73. 0	0,923	0,445	81. 0	0,380	0,263
30	4,610	0,724	30	1,869	0,588	30	0,880	0,434	30	0,354	0,251
58. 0	4,301	0,716	66. 0	1,781	0,579	74. 0	0,838	0,424	82. 0	0,329	0,238
30	4,023	0,707	30	1,698	0,570	30	0,797	0,413	30	0,304	0,225
59. 0	3,772	0,699	67. 0	1,620	0,561	75. 0	0,759	0,403	83. 0	0,281	0,211
30	3,545	0,691	30	1,545	0,552	30	0,721	0,392	30	0,257	0,198
60. 0	3,338	0,683	68. 0	1,475	0,543	76. 0	0,685	0,381	84. 0	0,235	0,184
30	3,148	0,674	30	1,407	0,533	30	0,650	0,370	30	0,213	0,170
61. 0	2,974	0,666	69. 0	1,343	0,524	77. 0	0,616	0,359	85. 0	0,191	0,156
30	2,813	0,658	30	1,282	0,514	30	0,583	0,347	30	0,170	0,142
62. 0	2,664	0,649	70. 0	1,224	0,505	78. 0	0,551	0,336	86. 0	0,149	0,127
30	2,526	0,641	30	1,169	0,495	30	0,521	0,324	30	0,129	0,112
63. 0	2,398	0,632	71. 0	1,115	0,485	79. 0	0,491	0,312	87. 0	0,109	0,097
30	2,278	0,623	30	1,064	0,475	30	0,462	0,300	30	0,090	0,082

Nota. Ces Tables calculées pour la latitude de Paris, nous ont été communiquées par M. le Chevalier de Borda, qui a fait usage de la formule suivante; soit D, la distance de l'astre au pôle élevé; L, la latitude du lieu; m le nombre de secondes entre la hauteur méridienne et la hauteur observée, on aura $m = \frac{900. \sin. 7'. 30'' . \sin. D \cos L.}{\cos. (L \pm D + \frac{1}{2} m'')}$

Le signe — a lieu pour le méridien inférieur.

TABLE pour la réduction au méridien, des hauteurs ou des distances au zénith, prises jusqu'à 9'. de distance du méridien.

III.

Argum :		Heure du passage de l'astre au méridien. — Heure de l'observation de la hauteur.																
oh	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'									
Nombre multiplicateur de la correction de la Table I ^{re} et III ^e .																		
s.	dif. p. 1''.		dif. p. 1''.		dif. p. 1''.		dif. p. 1''.		dif. p. 1''.									
0	0,00	0,00	1,00	0,03	4,00	0,07	9,00	0,10	16,00	0,13	25,00	0,16	36,00	0,20	49,00	0,23	64,00	0,26
2	0,00	0,00	1,07	0,03	4,13	0,07	9,20	0,10	16,27	0,13	25,33	0,16	36,40	0,20	49,46	0,23	64,53	0,26
4	0,00	0,00	1,14	0,03	4,27	0,07	9,40	0,10	16,53	0,13	25,66	0,17	36,80	0,20	49,93	0,23	65,06	0,27
6	0,00	0,00	1,21	0,03	4,41	0,07	9,61	0,10	16,80	0,14	26,00	0,17	37,20	0,20	50,40	0,24	65,60	0,27
8	0,01		1,28		4,55		9,82		17,08		26,35		37,61		50,88		66,15	
10	0,02	0,00	1,36	0,04	4,69	0,07	10,03	0,10	17,36	0,14	26,69	0,17	38,02	0,20	51,36	0,24	66,69	0,27
12	0,03	0,01	1,44	0,04	4,84	0,07	10,24	0,10	17,64	0,14	27,04	0,17	38,44	0,21	51,84	0,24	67,24	0,27
14	0,05	0,00	1,52	0,04	4,98	0,07	10,45	0,10	17,92	0,14	27,38	0,17	38,85	0,21	52,31	0,24	67,78	0,27
16	0,07	0,01	1,60	0,04	5,13	0,07	10,67	0,11	18,20	0,14	27,73	0,17	39,26	0,21	52,79	0,24	68,33	0,27
18	0,09		1,69	0,04	5,28	0,07	10,89	0,11	18,48	0,14	28,08	0,17	39,68	0,21	53,28	0,24	68,88	0,27
20	0,11	0,01	1,78	0,04	5,44	0,08	11,11	0,11	18,77	0,14	28,44	0,18	40,11	0,21	53,77	0,24	69,44	0,28
22	0,13	0,01	1,87	0,04	5,60	0,08	11,33	0,11	19,06	0,14	28,80	0,18	40,53	0,21	54,26	0,24	70,00	0,28
24	0,16	0,01	1,96	0,04	5,76	0,08	11,56	0,11	19,36	0,15	29,16	0,18	40,96	0,21	54,76	0,25	70,56	0,28
26	0,19	0,01	2,06	0,04	5,92	0,08	11,78	0,11	19,65	0,15	29,51	0,18	41,38	0,21	55,25	0,25	71,12	0,28
28	0,22	0,01	2,15	0,05	6,08	0,08	12,01	0,11	19,94	0,15	29,88	0,18	41,81	0,21	55,74	0,25	71,67	0,28
30	0,25	0,01	2,25	0,05	6,25	0,08	12,24	0,11	20,24	0,15	30,24	0,18	42,24	0,21	56,24	0,25	72,24	0,28
32	0,28	0,01	2,35	0,05	6,42	0,08	12,48	0,12	20,55	0,15	30,62	0,19	42,68	0,22	56,75	0,25	72,81	0,28
34	0,32	0,02	2,45	0,05	6,59	0,08	12,72	0,12	20,85	0,15	30,99	0,19	43,12	0,22	57,25	0,25	73,38	0,28
36	0,36	0,02	2,56	0,05	6,76	0,08	12,96	0,12	21,16	0,15	31,36	0,19	43,56	0,22	57,76	0,25	73,96	0,29
38	0,40	0,02	2,66	0,05	6,94	0,09	13,20	0,12	21,46	0,15	31,73	0,19	44,00	0,22	58,26	0,25	74,53	0,29
40	0,44	0,02	2,77	0,05	7,11	0,09	13,44	0,12	21,77	0,15	32,10	0,19	44,44	0,22	58,77	0,25	75,10	0,29
42	0,49	0,02	2,88	0,05	7,29	0,09	13,68	0,12	22,08	0,15	32,48	0,19	44,88	0,22	59,28	0,25	75,68	0,29
44	0,54	0,02	3,00	0,06	7,47	0,09	13,93	0,12	22,40	0,16	32,87	0,19	45,32	0,22	59,79	0,25	76,27	0,29
46	0,59	0,02	3,12	0,06	7,65	0,09	14,18	0,12	22,72	0,16	33,25	0,19	45,78	0,23	60,01	0,26	76,85	0,29
48	0,64	0,02	3,24	0,06	7,84	0,09	14,44	0,12	23,04	0,16	33,64	0,19	46,24	0,23	60,84	0,26	77,44	0,29
50	0,69	0,02	3,36	0,06	8,02	0,09	14,69	0,13	23,36	0,16	34,02	0,19	46,69	0,23	61,36	0,26	78,02	0,29
52	0,75	0,03	3,48	0,06	8,21	0,09	15,95	0,13	23,68	0,16	34,41	0,19	47,15	0,23	61,88	0,26	78,61	0,29
54	0,81	0,03	3,60	0,06	8,40	0,09	15,21	0,13	24,00	0,16	34,80	0,19	47,61	0,23	62,40	0,26	79,20	0,29
56	0,87	0,03	3,73	0,06	8,60	0,10	15,47	0,13	24,33	0,16	35,20	0,20	48,07	0,23	62,93	0,26	79,80	0,30
58	0,93	0,03	3,86	0,06	8,80	0,10	15,73	0,13	24,66	0,16	35,60	0,20	48,53	0,23	63,46	0,26	80,40	0,30
60	1,00	0,03	4,00	0,07	9,00	1,10	16,00	0,13	25,00	0,17	36,00	0,20	49,00	0,23	64,00	0,26	81,00	0,30

T A B L E

Pour réduire au méridien les distances au zénith de l'étoile polaire, observées jusqu'à 17', avant ou après son passage au méridien.

DISTANCE DE L'ÉTOILE POLAIRE AU MÉRIDIEN.															
2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	12'	13'	14'	15'	16'	
Réduction $\left\{ \begin{array}{l} \text{additive aux} \\ \text{soustractive des} \end{array} \right\}$ distan. au zénith, vers la culmination $\left\{ \begin{array}{l} \text{infé.} \\ \text{supé.} \end{array} \right\}$															
s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.
0	0,3	0,6	1,0	1,6	2,3	3,2	4,1	5,2	6,4	7,8	9,3	10,9	12,6	14,5	16,5
3	0,3	0,6	1,0	1,6	2,3	3,2	4,2	5,3	6,5	7,9	9,3	11,0	12,7	14,6	16,6
6	0,3	0,6	1,1	1,7	2,4	3,2	4,2	5,3	6,6	7,9	9,4	11,0	12,8	14,7	16,7
9	0,3	0,6	1,1	1,7	2,4	3,3	4,3	5,4	6,6	8,0	9,5	11,1	12,9	14,8	16,8
12	0,3	0,7	1,1	1,7	2,5	3,3	4,3	5,4	6,7	8,1	9,6	11,2	13,0	14,9	16,9
15	0,3	0,7	1,2	1,8	2,5	3,4	4,4	5,5	6,7	8,2	9,7	11,3	13,1	15,0	17,0
18	0,3	0,7	1,2	1,8	2,6	3,4	4,4	5,6	6,8	8,2	9,7	11,4	13,2	15,1	17,1
21	0,4	0,7	1,2	1,9	2,6	3,5	4,5	5,6	6,9	8,3	9,8	11,5	13,3	15,2	17,2
24	0,4	0,7	1,2	1,9	2,7	3,5	4,5	5,7	7,0	8,4	9,9	11,6	13,4	15,3	17,3
27	0,4	0,8	1,3	1,9	2,7	3,6	4,6	5,7	7,0	8,4	10,0	11,6	13,5	15,4	17,4
30	0,4	0,8	1,3	1,9	2,7	3,6	4,6	5,8	7,1	8,5	10,1	11,7	13,5	15,5	17,5
33	0,4	0,8	1,3	2,0	2,8	3,7	4,7	5,9	7,2	8,6	10,1	11,8	13,6	15,6	17,6
36	0,4	0,8	1,4	2,0	2,8	3,7	4,8	5,9	7,2	8,7	10,2	11,9	13,7	15,7	17,7
39	0,5	0,9	1,4	2,0	2,8	3,8	4,8	6,0	7,3	8,7	10,3	12,0	13,8	15,8	17,8
42	0,5	0,9	1,4	2,1	2,9	3,8	4,9	6,1	7,4	8,8	10,4	12,1	13,9	15,9	17,9
45	0,5	0,9	1,5	2,1	2,9	3,9	4,9	6,1	7,4	8,9	10,5	12,2	14,0	16,0	18,0
48	0,5	0,9	1,5	2,2	3,0	3,9	5,0	6,2	7,5	9,0	10,5	12,3	14,1	16,1	18,2
51	0,5	1,0	1,5	2,2	3,0	4,0	5,0	6,2	7,6	9,0	10,6	12,4	14,2	16,2	18,3
54	0,5	1,0	1,5	2,2	3,1	4,0	5,1	6,3	7,7	9,1	10,7	12,5	14,3	16,3	18,4
57	0,6	1,0	1,6	2,3	3,1	4,0	5,2	6,4	7,7	9,2	10,8	12,5	14,4	16,4	18,5
60	0,6	1,0	1,6	2,3	3,2	4,1	5,2	6,4	7,8	9,3	10,9	12,6	14,5	16,5	18,6

Nota. Cette table est calculée dans la supposition que la distance de l'étoile polaire au pôle, est de 1°. 48'. 30". si elle étoit plus grande, les nombres de la table devroient être augmentés pour chaque seconde de surplus, de $\frac{1}{6510^e}$. Pareillement si la pendule à laquelle est marqué l'heure des observations est réglée sur le moyen mouvement du soleil, au lieu de l'être sur le mouvement sidéral, il faudroit multiplier les nombres de la table, par 1,0055.

Méthodes de réductions & de calculs.

Réduction des angles observés au centre de la station. Soit **C** le centre de la tour ou du clocher sur lequel on observe (*Pl. IV. fig. 11*) **O** la place de l'observateur, ou plutôt du centre de l'instrument; **M** et **N** deux objets éloignés entre lesquels on a mesuré l'angle **MON** qu'il faut réduire à l'angle véritable **MCN**. L'observateur en opérant, a dû mesurer avec précision la distance **OC**; et (à quelques minutes près) les angles de direction **NOC**, **MOC** (il suffit même de connoître un des deux pour avoir l'autre). Il doit, de plus, (par un premier calcul où il aura employé les angles observés sans les réduire au centre) avoir déjà déterminé à-peu-près les distances **CM**, **CN**. Cela posé, il aura dans les triangles **COM**, **CON**, tout ce qu'il lui faut pour calculer les petits angles de réduction en **M** et en **N** par cette formule

$$\text{sinus Angle de réduction} = \frac{\text{sinus Angle de direc.} \times \text{dist. de l'ins. au cen. des stati.}}{\text{distance à l'objet observé.}}$$

Si l'instrument est en **O** *en dedans des côtés*, **CM**, **CN**, les angles de réduction **M** et **N** sont tous les deux *soustractifs* de l'angle observé **MON** : si l'instrument est comme en **z** *en-dedans des prolongemens* **Cm**, **Cn** des côtés, les angles de réduction sont tous deux *additifs*. Partout ailleurs, c'est-à-dire, *en-dehors des côtés* ou de leur prolongement, comme en **O** (*figure 12*), l'angle de réduction **M** formé *en-dehors* des côtés et vers l'Observateur, est *additif*, et l'autre **N** *en dedans des côtés* est *soustractif*.

Détermination de la hauteur de toutes les stations, d'après une seule connue. De la station **O** dont l'élévation **OT**, (*pl. IV, fig. 13*) au-dessus du niveau de la mer est supposée connue, observez la hauteur **HOM** d'une autre station **M** que vous voulez déterminer; alors dans le triangle **MON**, vous connoîtrez **OM** distance itinéraire des deux lieux (précédemment déterminée par les côtés de vos triangles); l'angle **ONM** = **MNr** (ou 90°) + **rNO** (qui a pour mesure la moitié de l'arc **ON** qui passe entre ses côtés, c'est-à-dire, la moitié de la distance itinéraire réduite en arc); enfin l'angle **MON** = **NOH** (qui a pour mesure la moitié de l'arc itinéraire **ON**) + **HOM** (hauteur

observée) vous aurez donc $MN = \frac{OM \times \sin MON}{\sin ONM}$, ou plus simplement sans crainte d'erreur sensible $MN = OM \times \text{tang. } MON$, c'est-à-dire, que la différence d'élévation des deux stations = distance itinéraire \times tang (hauteur observée corrigée. + $\frac{1}{2}$ arc itinéraire). Si c'est une dépression au-dessous de l'horizon que vous avez observée, au lieu d'une hauteur, ou si l'Observateur étoit en M pointant sur l'objet O, dont la dépression observée hMO donne l'angle OMN . Alors l'angle $MON = MOV - VON = hMO - rNO$: vous aurez donc dans ce cas différence d'élévation des deux stations = distance itinéraire \times tang (dépression observée corr. — $\frac{1}{2}$ arc itinéraire).

Nota. 1°. L'arc itinéraire compris dans ces formules, n'est autre chose que la distance des deux stations, réduite proportionnellement à la valeur des degrés du grand cercle perpendiculaire au méridien au point de latitude moyen entre les deux stations. (voyez la table n°. I, page 68) Mais pour le présent usage, il suffit de faire cette réduction à raison de $62''{,}5$ de degrés par 1000 toises; et si du logarithme de cet arc itinéraire vous retranchez le logarithme constant 1,146128 vous aurez le logarithme de la réfraction terrestre additive à la dépression et soustractive de la hauteur observée, pour avoir la dépression ou la hauteur corrigées et telles qu'il faut les employer dans les formules.

2°. L'on voit que l'on peut déterminer également l'élévation de la station M, soit qu'on observe sa hauteur ou sa dépression de la station connue O, soit que de M on observe la hauteur ou la dépression de O, dont la hauteur est connue.

3°. On peut quelquefois desirer de connoître quelle seroit la hauteur ou la dépression observée d'une station vue de l'autre, d'après la différence connue de leur élévation; c'est l'inverse du problème précédent; en effet, c'est MN qui alors est connu, et c'est l'angle MON qu'il s'agit de trouver : or, $\text{tang. } MON = \frac{MN}{OM}$ et pour déduire de cet angle MON la hauteur ou la dépression cherchée, faites attention à ce qui suit. Si les deux stations sont à égales hauteurs au-dessus de l'horizon, MN devient zero, et alors la station O et la station N se

voient réciproquement l'une de l'autre sous un angle de dépression $r ON$ et $r NO$, égal à la moitié de l'arc itinéraire. Si c'est pour la station la plus élevée, telle que M que vous cherchez l'angle de dépression sous lequel doit être vue la station la plus basse O , vous aurez toujours *Dépression cherchée* $\equiv MON + \frac{1}{2}$ arc itinéraire; mais si c'est pour la station la plus basse O que vous cherchez, l'angle sous lequel vous devez voir la plus élevée M , cet angle qui peut être ou une hauteur, ou une dépression, sera toujours égal à la différence de l'angle MON et du demi arc itinéraire. Mais si MON est le plus grand angle, ce sera une hauteur, et vous aurez $MON - \frac{1}{2}$ arc itinéraire \equiv hauteur cherchée. S'il est le plus petit, alors $\frac{1}{2}$ arc itinéraire $- MON \equiv$ dépression cherchée. La réfraction terrestre sera additive à la hauteur, et soustractive de la dépression, si l'on veut avoir l'angle apparent.

Réduction des angles à l'horison. Soit PCO l'angle observé, (*planche IV fig. 14,*) Z le zénith de la station C ; décrivez les verticaux ZOm , ZPn et l'arc OP , vous aurez alors un triangle sphérique POZ . dans lequel le côté PO est égal à l'angle observé PCO , et les deux autres côtés sont les complemens de Om et nP hauteur ou dépressions apparentes des stations O , P connues par observation ou par calcul. Vous trouverez donc au moyen de ces trois côtés l'angle PZO , dont la mesure $mg n$ est aussi celle de l'angle $m C n$ réduction à l'horison de l'angle observé PCO . Or, $\sin. \frac{1}{2} PZO \equiv$

$$\sqrt{\frac{\sin. \frac{1}{2} (OP + ZO - ZP) \times \sin. \frac{1}{2} (OP + ZP - ZO)}{\sin. ZP \times \sin. ZO}}$$

Nota. La somme des trois angles d'un triangle, ainsi réduits à l'horison, doit excéder 180° , d'une quantité que l'on peut trouver de cette manière. Calculez l'air du triangle en pieds, ou prenez la somme du logarithme de la moitié d'un des côtés, réduits en pieds, pris pour base, et du logarithme de la hauteur pareillement réduite, ajoutez-y le logarithme constant $0,7285749$, vous aurez ainsi le logarithme du nombre de secondes dont la somme des trois angles du triangle doit excéder 180° .

Calcul de la longueur des côtés des triangles. La base ou côté DH , (*planche IV, fig. 16*) étant connue par une mesure directe, ayant d'ail-

leurs observé dans le premier triangle DHC chacun des trois angles, vous calculerez le côté DC commun au triangle suivant par cette formule $DC = \frac{\sin. DHC \times DH}{\sin. DCH}$; vous aurez par-là dans le second triangle WDC un côté connu et trois angles observés, avec lesquels vous déterminerez le côté DW commun au troisième triangle; et ainsi de suite vous parviendrez à déterminer successivement tous les côtés des triangles de la chaîne.

Calcul de la direction des côtés, et de la distance des stations à la méridienne et à la perpendiculaire d'un lieu donné. Connoissant une fois la direction d'un des côtés DH, pl. IV., (fig. 15) des triangles, ou l'angle HDM qu'il fait avec le méridien DM, on trouve facilement l'angle que tous les autres côtés font avec le même méridien.

Pour cet effet, de chaque station H, C, W, K, B. menez des lignes telles que He, Ha parallèles à la méridienne DM et à sa perpendiculaire DR. Or, dans les triangles rectangles Hpc, cnW, WmK, KtB, etc. formés sur les côtés dont vous cherchez la direction par la rencontre d'une parallèle au méridien et d'une parallèle à la perpendiculaire menées de deux stations consécutives, vous aurez toujours un des angles sur l'hypoténuse (pHc) donné par la mesure d'un des angles de vos triangles DHC, combiné avec la direction (HDM compt. de DHa) précédemment trouvée du côté voisin (DH) par conséquent vous concluez l'autre angle (pCH) qui sera toujours ou la direction cherchée du nouveau côté (HC) avec le parallèle du méridien ou son complément.

Vous connoîtrez donc toujours dans ces mêmes triangles Hpc, CnW, WmK, l'hypoténuse et les angles adjacens, avec lesquels vous calculerez les côtés pH, pC; nC, nW, &c. qui sont les distances réciproques de chaque station au méridien et à la perpendiculaire passant par la station voisine précédemment déterminée, donc les sommes ou les différences de ces distances vous donneront les distances cherchées à la méridienne principale DM et à sa perpendiculaire DR. Car pour le point C on a $Cb = aH - pH$ et $bD = Cp + aD$. Pour le point W on a $Wd = Wn - Cb$, & $dD = dD - nC$; pour le

point K on a $Ki = Wd + mK$ et $iD = dD - mW$, etc.

Les distances de chaque station à la méridienne et à la perpendiculaire du point D étant connues, vous donneront les deux côtés d'un triangle rectangle, tels que Di, iK avec lesquels vous calculerez, s'il est nécessaire, la distance directe KD de la station au point D; et l'angle KDi de cette ligne avec le méridien. Au lieu de déduire ainsi cette distance directe et son inclinaison, de la détermination des distances à la méridienne et à la perpendiculaire, on peut quelquefois faire l'inverse, ainsi que nous l'avons pratiqué dans cette occasion. Comme la disposition de nos triangles nous donnoit tout de suite la valeur des distances directes DH, DC, DW, DK (fig. 16), avec leur angle d'inclinaison, nous en avons conclu les distances à la méridienne et à la perpendiculaire.

Détermination de la longitude et de la latitude des stations, d'après leurs distances à la méridienne et à la perpendiculaire connues.

1°. En adoptant l'hypothèse dans laquelle est calculée la table n°. I, soit (planche IV, fig. 17) donnée, ainsi que l'a trouvé le Général Roy, la distance de Dunkerque à la méridienne de Greenwich, ou $Dm = 85551^t, 25$ et la distance à la perpendiculaire $mG = 23856^t, 42$; enfin, soit supposée, la latitude de Greenwich de $51^\circ 28' 40''$.

La distance mG devant répondre à-peu-près à un demi-degré de latitude, pour la réduire exactement en arc du méridien, vous trouverez dans la table, n°. I, que vers le parallèle de $51^\circ. \frac{1}{2}$, la valeur du degré de latitude est de $57108^t.$, et par conséquent $mG = 23856^t, 42 = 0^\circ.25'.4''$, qui étant retranchée de la latitude du point G, donnera $51^\circ.3'.36''$ pour la latitude du point m , et par conséquent $Pm = 38^\circ.56'.24''$. Prenez actuellement dans la table, n°. I, la valeur des degrés de grand cercle perpendiculaire au méridien sous la latitude du point m , elle est de $57492^t.$, à raison de quoi vous réduirez en arc la distance à la méridienne $mD = 85551^t.25 = 1^\circ.29'17''$.

Dans le triangle rectangle PmD , vous connoîtrez donc Pm et mD , avec lesquels vous calculerez l'angle mPD , qui est la longitude cher-

chée et l'hypoténuse PD , complément de la latitude cherchée du point D . Comme l'arc ou le côté mD est communément très-petit, calculez à la fois les angles en P et en D par ces formules $\frac{\sin. \frac{1}{2} (Pm - mD)}{\sin. \frac{1}{2} (Pm + mD)} =$
 $\text{tang. } A \text{ et } \frac{\cos. \frac{1}{2} (Pm - mD)}{\cos. \frac{1}{2} (Pm + mD)} = \text{tang. } B$; d'où vous aurez $mPD = B - A$
 et $mDP = B + A$.

Ainsi l'angle en P ou la longitude du point D , par rapport au méridien PGm , sera de $2^{\circ}. 22'. 0'' ,4$, et l'angle en D de $88^{\circ}. 9'. 33'' ,6$ (dont le complément $1^{\circ}. 50'. 26'' ,4$ est l'angle de convergence PDg des deux méridiens qu'on a quelquefois besoin de calculer); enfin, vous aurez la latitude du point D en faisant $\sin. mDP : Pm :: \text{rayon} : \sin. PD =$
 $38^{\circ}. 57'. 50''$, donc la latitude du point D sera de $51^{\circ}. 2'. 10''$.

2°. Au lieu de réduire mD en arc de grand cercle perpendiculaire au méridien, réduisez-le en degrés de longitude sous la latitude du point m , cela vous donnera tout de suite la longitude *approchée* ou l'angle mPD ; avec cet angle et le côté Pm , calculez PD , dont le complément est la latitude *approchée*, avec laquelle réduisant de nouveau mD en arc de longitude et recalculant PD , vous aurez définitivement les vraies longitude et latitude cherchées. Ce calcul, quoique de tâtonnement, est communément plus expéditif et aussi exact que l'autre.

3°. Il est encore une autre manière de déterminer les différences de la longitude et de la latitude respective de deux lieux, d'après les distances connues de l'un à la méridienne et à la perpendiculaire de l'autre. Mais comme il seroit trop long de développer ici cette ingénieuse méthode due à M. du Séjour, et qui se trouve démontrée dans le second volume de son *Traité Analytique des mouvemens apparens des corps célestes*, auquel nous renvoyons le lecteur, nous nous contenterons de donner ici les préceptes et le type du calcul, suffisamment détaillés pour mettre toute personne en état d'en faire l'application et l'usage. Soit (*pl. IV., fig. 18*) PGR, PDT , deux méridiens de la terre passant par le lieu G , dont la latitude est connue, et par le lieu D dont on connoît la distance DM à la méridienne du point G et sa distance MG à la perpendiculaire au même point G . Soient aussi tracés

sur la sphere inscrite les méridiens, lignes et points correspondans Pgr, Pdt, g, d, dm .

Enfin soient les données DM distance à la méridienne. $85551^t, 2 = \mu$
 MG distance à la perpendiculaire $23856, 4 = \pi$

R G latitude du point G $51^{\circ} 28' 40''$

Rapport des axes de la terre . $229 : 230 = \phi$

Soit enfin . . . $\phi + 1 \times \phi - 1 = a$.

Cela posé, 1°. réduisez la latitude vraie R G donnée, à la latitude corrigée rg , par cette formule $\frac{\text{tang. latitude vraie}}{\frac{1}{2} \text{ grand axe}} = \text{tang} : \text{latitude corrigée}$
 nous appellerons cette longitude corrigée λ .

2°. Après avoir réduit en degrés la distance à la perpendiculaire MG, donnée en toises, déterminez la valeur de l'arc correspondant mg sur la sphere inscrite par cette formule :

$$mg = MG^{\circ} - \frac{1}{4} a (MG^{\circ} - 206265'' \cos 2\lambda + MG^{\circ} \sin : MG^{\circ})$$

Et vous aurez ensuite $Pg \pm mg = Pm$.

3°. Après avoir réduit en degrés la distance à la méridienne DM donnée en toises, déterminez la valeur de l'arc correspondant dm sur la sphere inscrite par cette formule $dm = DM^{\circ} - \frac{1}{4} a \cos^2 Pm$
 $(DM + \frac{206265'' f : 2 DM^{\circ}}{2})$

4°. Dans le triangle rectangle Pmd connoissant Pm et dm , calculez la longitude et la latitude corrigées, que vous reduirez ensuite à la longitude et à la latitude vraie, par le moyen des formules suivantes :

$\text{Cos. } Pm \text{ cos. } dm = \text{sin. dt. latitude corrigée du lieu D.}$

$\text{Tang : latitude corrigée} \times \frac{1}{2} \text{ grand axe} = \text{latitude vraie cherchée,}$

et $\frac{\text{tang} : dm}{\text{sin. } Pm} = \text{tang} : mPd \text{ longitude corrigée}$

$mPd - \frac{1}{2} a \text{ sin} : Pm \times DM = \text{longitude vraie cherchée.}$

L'exemple suivant ne laissera rien à désirer sur la maniere la plus sûre et la plus expéditive de calculer les formules précédentes.

TYPE DU CALCUL

I°.

10.0990491 tang. latitude donnée.

9.9981077 log. constant (1).

Somme 10.0971568

Tang.

51°. 21'. 22". latitude corrigée λ

double.. 102. 42. 44. 2 λ

38. 38. 38. compl. de λ

II°.

Log.

π..... 4.3776049... distance à la perpendiculaire donnée en toises.

8.8013124 log. const. (2)

somme 3.1789173

Log.

0°. 25'. 10"... π°

102. 42. 44.. 2 λ

Somme 103. 7. 54.. 2 λ + π°

cos. —

9.3563362

sin. π°. . . 7.8645479

log. const. . . 5.3144256

Somme 2.5353097

Log.

0°. 5.43

0. 25. 10.... π°

Somme (6) 0. 30. 53

Log.

3.2678754

Log. const. (3)..... 7.3419289

Somme 0.6098043

Log.

0°. 0'. 4",1 Reduction;

π°. 0. 25. 10

Diff. distance à la perpendiculaire corrigée.

0. 25. 5 ,9... m g

38. 30. 38. . . . compl. λ

Somme (7) 39. 3. 43 ,9... P m.



III.

Log. μ t . . . 4.9322261 distance à la Méridienne : donnée en toises.
 8.8013124 Log. const. (2)

Somme 3.7335385

Log.
 $1^{\circ}30'.14''$. . . μ°
 3. 0. 28 . . . $2\mu^{\circ}$

Sin.
 8.7199238
 Log. const . . . 5.0133956

Somme 3.7333194

Log.
 $1^{\circ}30'.12''$!

μ° . . . $1.30.14$

Somme 3. 0. 26

Log.
 4.0344680

$\cos^2 P m$. . . 9.7802406

Log. const. (3) 7.3419289

Somme . . . 1.1566375

Log.

$0'.14''$, 3 Réduction:

μ° . . . $1^{\circ}30.14$

Différence $d m$. . . 1. 29. 57 , 7 . . . dist. à la Mérid. corrigée.

IV.

$\cos. d m$ 9.9998512 . . .	$tang. d m$ 8.4180439	| 3.7335385 μ°
$\cos. P m$ 9.8901203 . . .	$\sin. P m$ 9.7994534 . . .	| 9.7994534 $\sin. P m$
somme 9.8899715	différen. 8.6185905	| 7.6429589 log. const (5)

$\sin.$	$tang.$	|
latitude corrigée $50^{\circ}54'.49''$.	longitude corrigée $2^{\circ}22'.46''$.	| 1.1759508 somme.

$tang.$	$log.$
10.0902923	- 0.15 . . . $0'.15''$, 0 réduction
long. const. (4) 0.0018923	2 $^{\circ}$.22'.31''. Longitude vraie cherchée;

somme 10.0921846

$tang.$
 Latitude vraie cherchée $51^{\circ}.2'.9''$.

<i>Si l'on adopte le rapport des axes.</i>	<i>Logarithme const. (1)</i>	<i>Logarithme const. (2)</i>	<i>Logarithme const. (3)</i>	<i>Logarithme const. (4)</i>	<i>Logarithme const. (5)</i>
177 : 178	9.9975533	8.8016704	7.4522435	0.0024467	7.7532735
229 : 230	9.9981077	8.8013124	7.3419289	0.0018923	7.6429589
320 : 321	9.9986460	8.8008316	7.1975562	0.0013550	7.4985862

(6) *Somme*, parce que $\cos 2\lambda + \pi$ étoit négatif, 2λ étant plus grand que 90° . Si $2\lambda + \pi$ étoit moindre que 90° , ce seroit la différence.

(7) Ce seroit la différence si le lieu D étoit au dessus ou au nord de la perpendiculaire du lieu G.

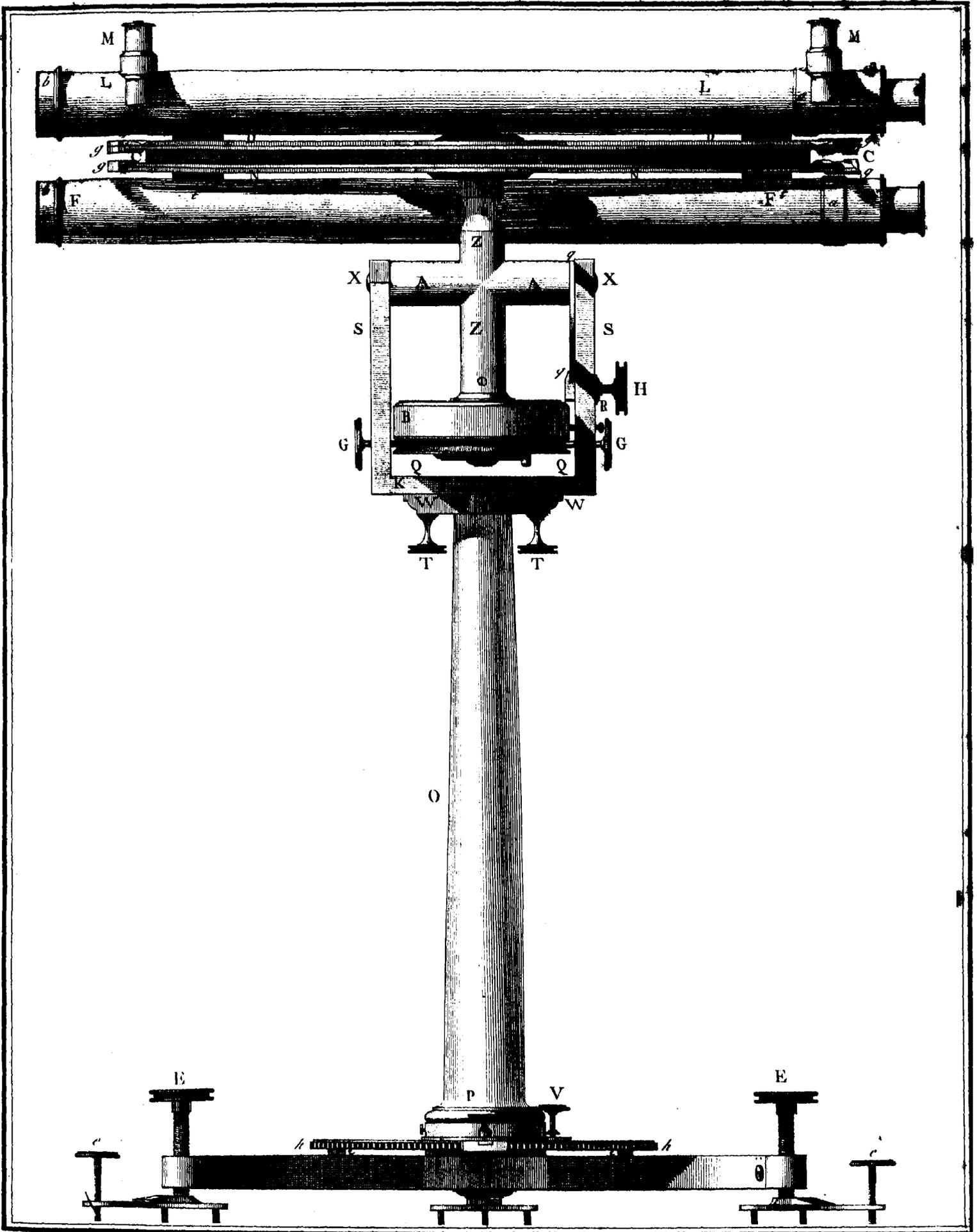
F I N.

E R R A T A.

- INTRODUCTION.** Page vij, ligne 18 : forme de nouveau triangles : *lisez*; forme de nouveaux triangles.
Page x, ligne 1 : n'avoit-on pas été souvent éloignés : *lisez*; n'avoit-on pas été souvent éloigné.
Page xiiij, ligne 20 : le fer fondu ou toute espece de cuivre : *lisez*; le fer fondu et toute espece de cuivre.
Page xv, ligne 12 : on trouvera dans cet ouvrage le delail : *lisez*; on trouvera dans cet ouvrage le détail.
- CHAP. PREMIER.** Page 16, ligne 32 : lorsque que nous vînmes à prendre l'angle : *lisez*; lorsque nous vînmes à prendre l'angle.
- CHAPITRE VI.** Page 43, ligne 5 : signal de Blancnez et signal de Finnes : *lisez*; signal de Blancnez et signal de Fiennes.
- CHAPITRE VII.** Page 51, ligne 26 : à Houslowheat : *lisez*; à Hounslowheat.
Page 54, ligne 9 : H D C : *lisez*; H D G.
- CHAPITRE VIII.** Page 62, ligne 10 : fait à Douvres : *lisez*; faite à Douvres.
ligne 29 : croire avec le nombre des angles : *lisez*; croisse avec le nombre des angles.
- SUPPLÉMENT.** Page 72, ligne 19 : le limbe de la lunette L, qui étoit à sa droite, se trouve à sa gauche : *lisez*; le limbe & la lunette L, qui étoient à sa droite, se trouvent à sa gauche.
Page 73, ligne 13 : mrqaueront feulement : *lisez*; marqueront seulement.
Page 80, ligne 9 : β de l'aigle : *lisez*; γ de l'aigle ; γ d'Ophiucus : *lisez*; β d'Ophiucus.
Page 84, à la suite de la note qui est au bas de la table : *ajoutez*; enfin, les nombres de cette table doivent être multipliés par 0,9308 (log. 9,9688564); lorsqu'on applique la réduction à la distance au zénith de l'étoile polaire dans sa médiation inférieure.

Addition à l'Errata.

- INTRODUCTION.** Page xj, dernière ligne de $48^{\circ}. 51'. 10.$ à $48^{\circ}. 51'. 14''$: *lisez*; de $48^{\circ}. 50'. 10''.$ à $48^{\circ}. 50'. 14''.$
- CHAPITRE VIII.** Page 61, avant dernière ligne, $119^{\circ}. 41'. 23''$: *lisez*; $119^{\circ}. 31'. 23''.$
Page 65, en tête de la troisième colonne du tableau : *lisez*; valeur supposée du degré de longitude.
Page 67, ligne 7, $2^{\circ}. 19'. 29'', 2$: *lisez*; $2^{\circ}. 19'. 39'', 2.$



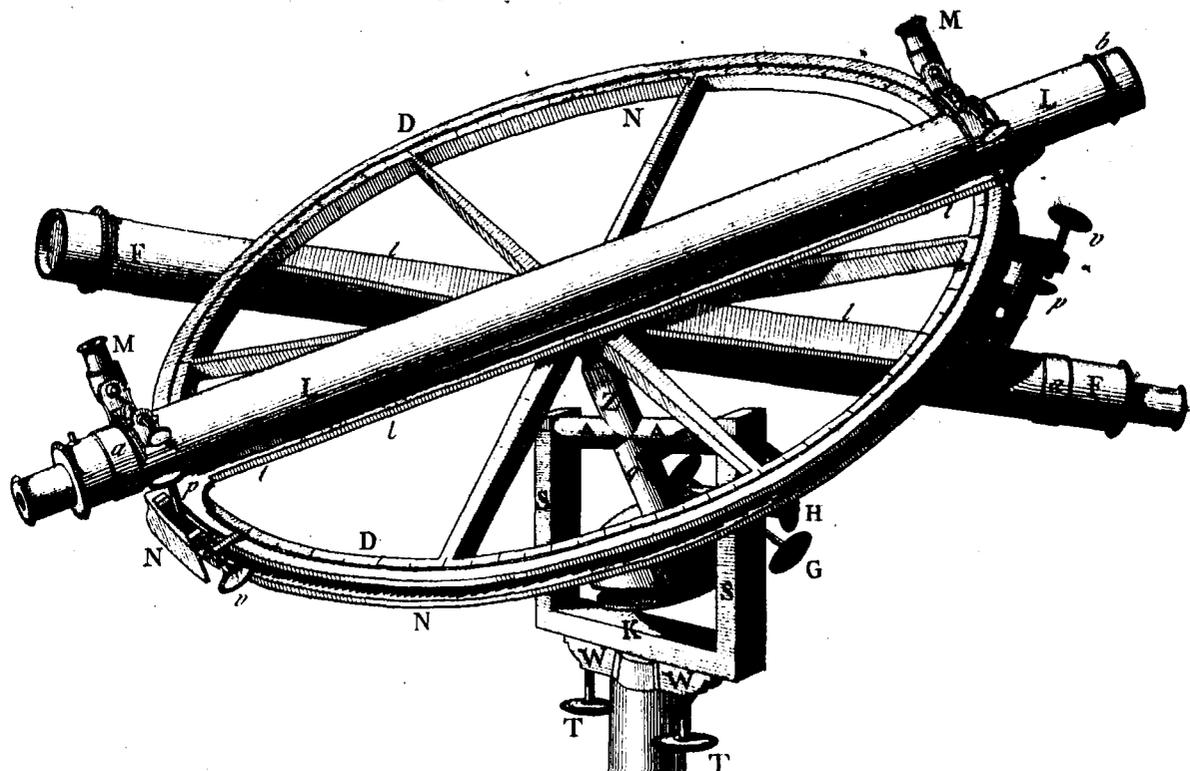


Fig. 2.

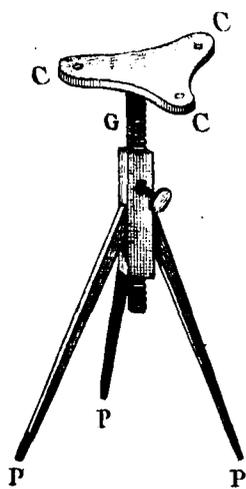
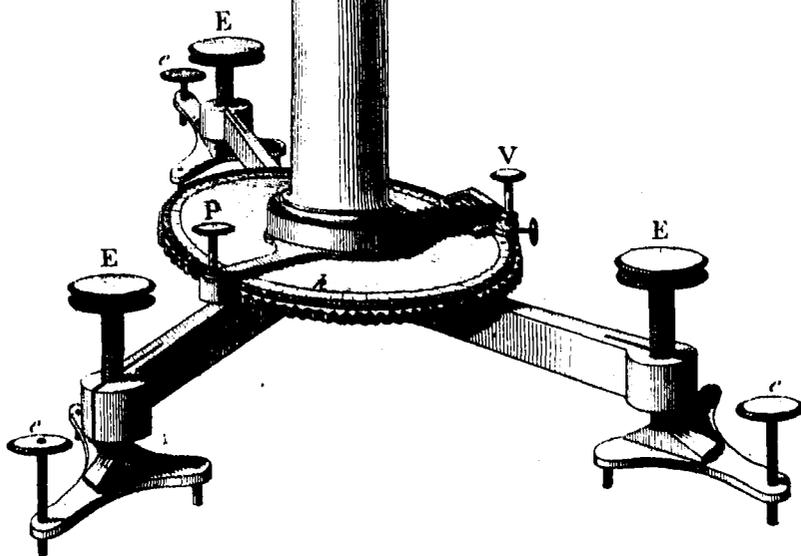
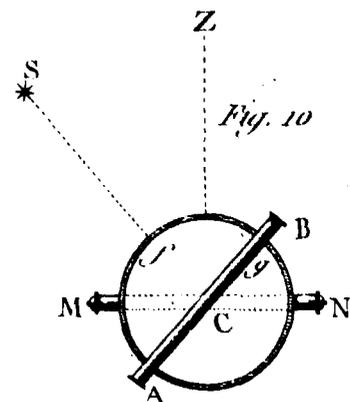
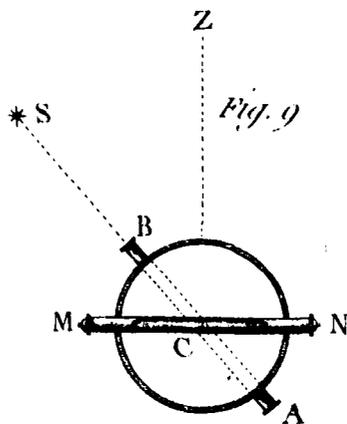
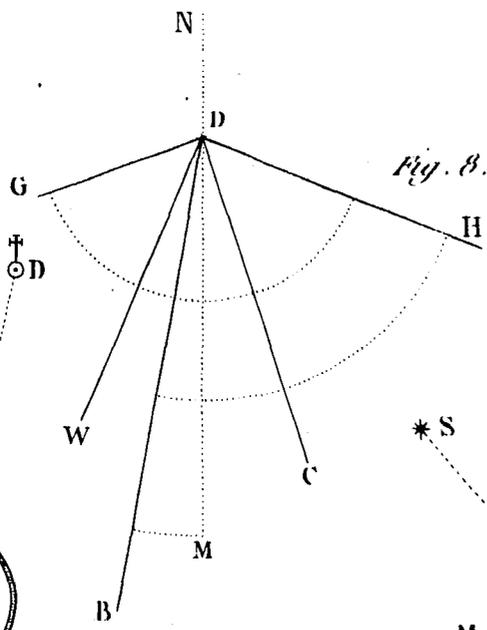
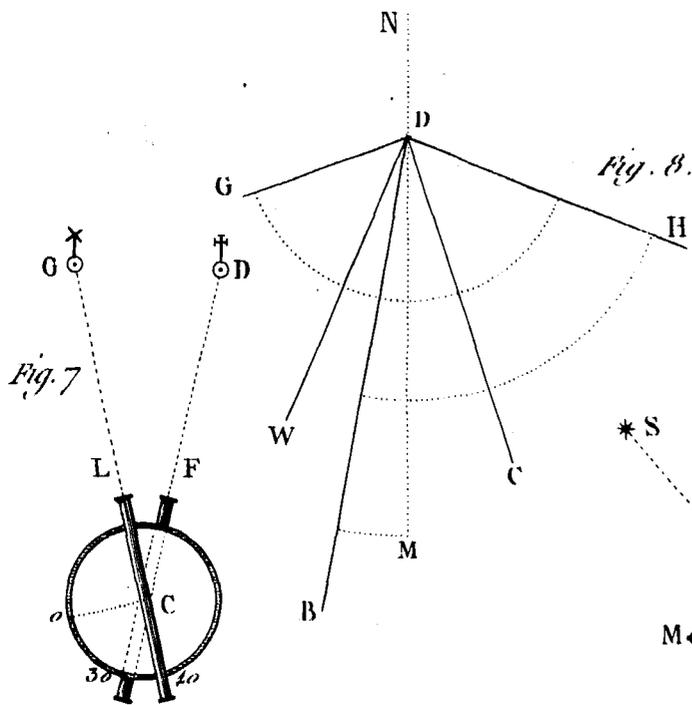
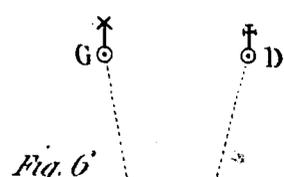
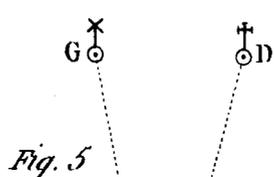
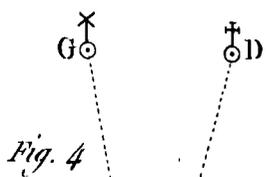
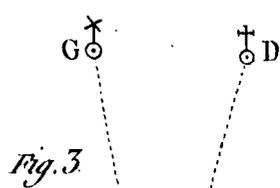
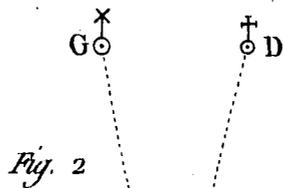
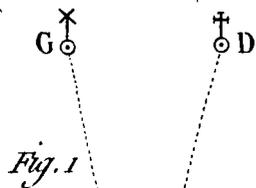
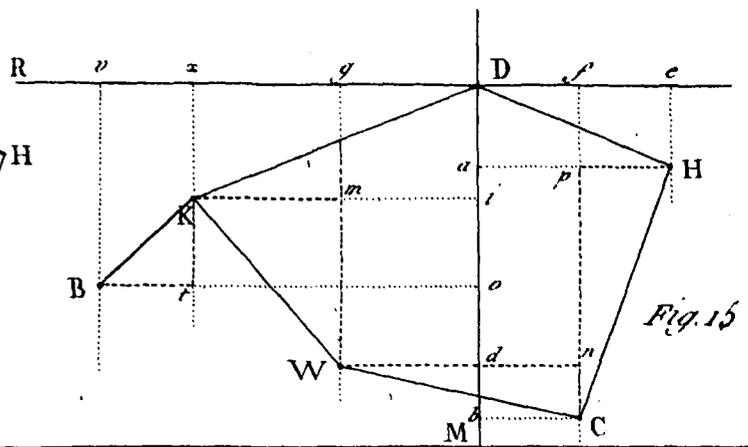
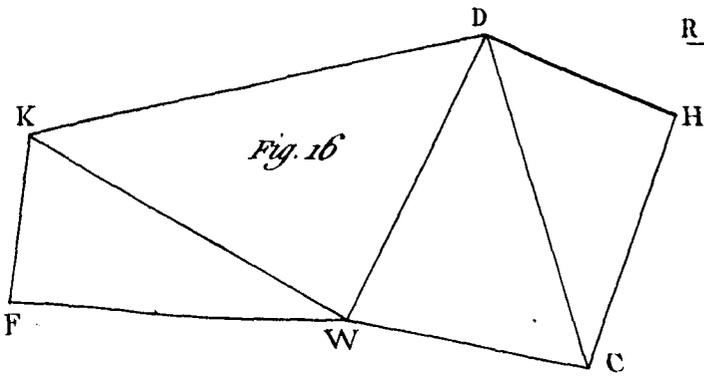
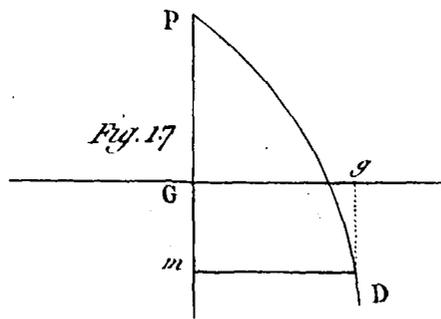
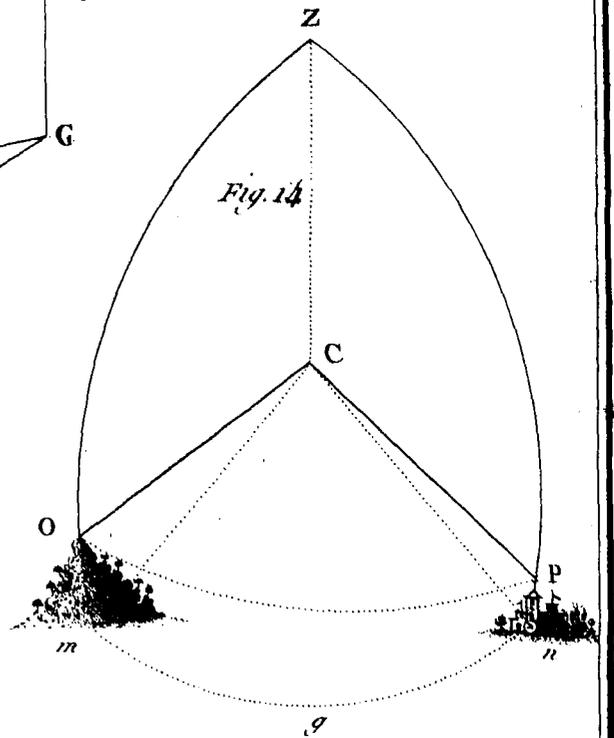
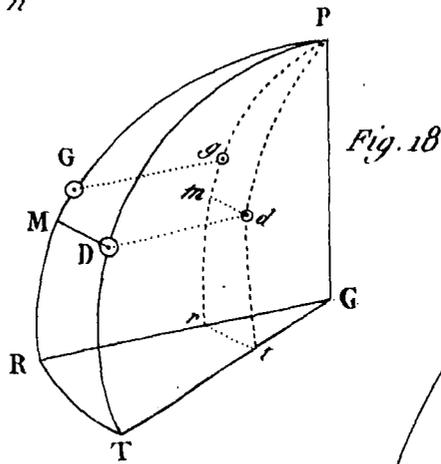
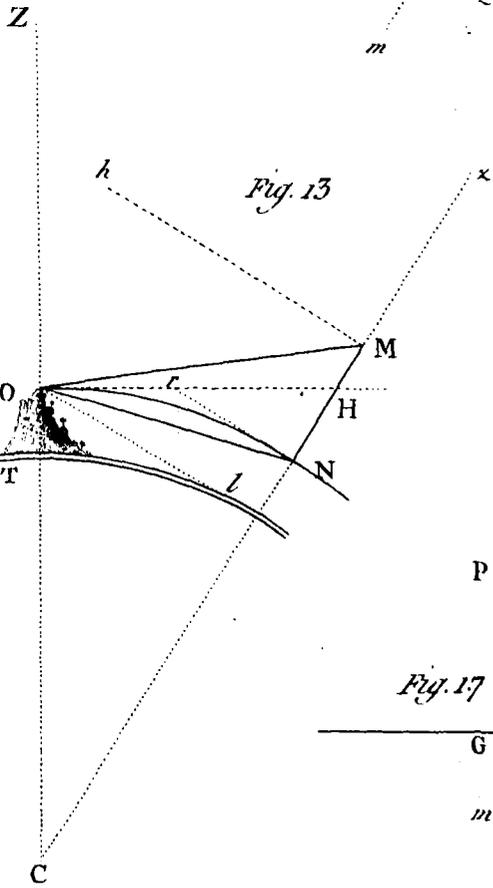
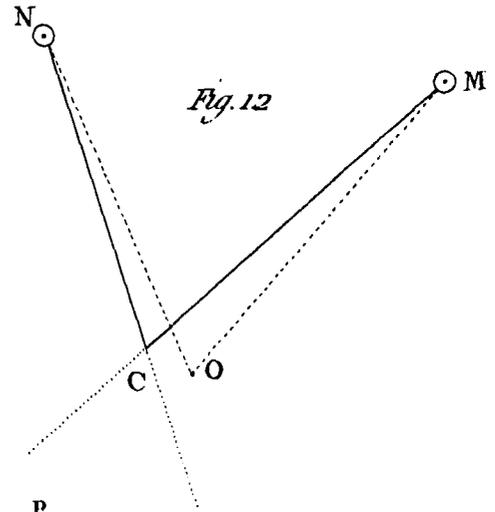
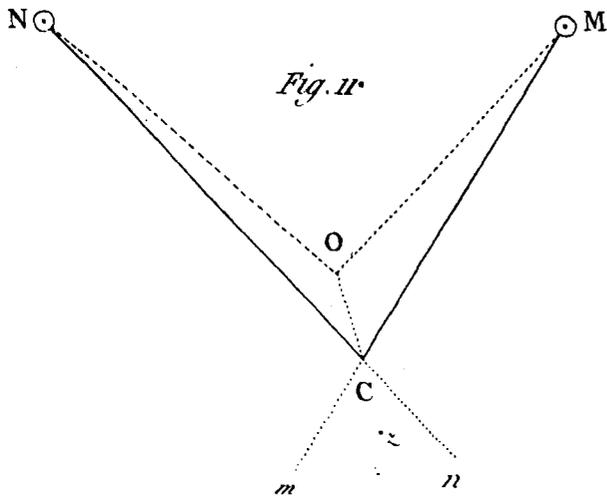


Fig. 1.







Mers du Nord

