

Zwölfter Abschnitt.

Geographische Ortsbestimmung.

§. 111.

Die neue geographische Längenbestimmung der Tübinger Sternwarte.¹

In den Jahren 1824 und 1825 aus einer Verkettung von Feuersignalen von Brest über Paris, Strasburg, Tübingen bis München, nach zwei Berichten des Chevalier Bonne, in dem „Mémorial topographique et militaire.“ Paris 1825. VIII. Bd.

De la détermination des longitudes terrestres par le moyen des signaux de feu.² Mars 1825.

Ce mémoire renferme la substance de celui qui fut soumis au Ministre de la guerre au mois de mars 1824, à l'époque où son Excellence ordonna la mesure de l'arc de longitude entre Strasbourg et Brest, que le temps défavorable a presque totalement fait échouer, ainsi qu'on l'exposera dans le cours de cet écrit. Cette mesure astronomique, d'environ douze degrés, devait compléter la détermination géodésique de la plus longue perpendiculaire qui traverse la France, exécutée par des officiers du corps des ingénieurs-géographes, pour servir de principale coordonnée à la triangulation de la nouvelle carte de France. L'empressement des gouvernements de Bade, de Wurtemberg et de Bavière, à saisir cette occasion pour porter la mesure de notre arc jusqu'à Munich, lorsqu'il était déjà connu, avec toute l'exactitude désirable, entre cette dernière ville et Vienne, nous promettait pour 1824 un arc de vingt et un degrés d'amplitude, que les Autrichiens eussent sans doute bientôt prolongé jusqu'à Czernowitz en

¹ Hierüber fand sich im Nachlass des Prof. v. Bohnenberger nichts vor.

² Le Chef d'opération était M. Bonne, Ingénieur géograph. militaire.

Buchowine, sur les frontières de la Russie et de la Turquie. Cet arc comprendrait alors trente degrés de longitude, ou un douzième de la circonférence d'un parallèle, et offrirait par son immense étendue des données pour la détermination de la figure de la terre tout aussi exactes et décisives que celles qu'on a pu tirer de la mesure des arcs de méridien. Le gouvernement français, qui ordonna en 1735 les belles et dispendieuses opérations du Pérou et de la Laponie, lorsque la controverse sur la véritable figure de la terre occupait tous les savans, vient d'ordonner que la mesure de l'arc de longitude entre Brest et Strasbourg serait reprise cette année, afin de coopérer de tout son pouvoir, et dans l'intérêt des sciences, à la mesure de l'arc de trente degrés entre Brest et Czernowitz; cette grande opération devant être comme le complément de celles exécutées il y a près d'un siècle dans les régions polaires et sous l'équateur.

... Les essais pour obtenir le meilleur signal de feu ont été souvent répétés: huit onces de poudre de guerre nous ont paru produire un éclat suffisant et un feu instantané; on avait le soin d'y faire introduire le feu par le centre, au moyen d'un tuyau de plume, lequel, traversant la culasse de la fusée, renfermait une mèche d'artifice, qui venait s'épanouir au centre du cylindre destiné à recevoir les huit onces de poudre, et qui couronnait toute la pièce. Pour donner plus d'éclat au signal, on a essayé d'ajouter de l'antimoine à la poudre; mais l'effet n'a pas été bien satisfaisant, et l'on perdait surtout la condition si importante de l'instantanéité. Il a été reconnu aussi que, moins la poudre était captive, plus elle donnait d'éclat: tellement que des essais faits à Strasbourg, par les soins de M. le colonel Henry, avec des obus, n'ont été nullement satisfaisans, quoiqu'ils dépassent 900 toises de hauteur perpendiculaire, ce qui était beaucoup au delà de nos besoins. On fit donc les enveloppes des garnitures aussi faibles que possible, mais en leur conservant pourtant le degré de force nécessaire pour ne pas rompre par l'effet de la résistance de l'air pendant la course rapide de la fusée. L'effet des fusées connu, ainsi que les difficultés locales à franchir, on a pu arrêter définitivement le nombre des postes de feux nécessaire à établir entre Brest et Strasbourg: il a été fixé à cinq, tels qu'on les voit repartis figure 54, savoir trois entre Brest et Paris, et deux entre Paris et Strasbourg. Quant aux postes d'observation, ils étaient au nombre de quatre pour toute la ligne, sans compter les observatoires de Brest, de Paris et de Strasbourg. Pour le choix des

emplacements, on a été guidé par la considération suivante: c'est que la colline qui, à l'égard d'un lieu d'observation, termine l'horizon dans la direction du feu à apercevoir, fût aussi éloigné que possible de ce poste d'observation, ou que plutôt elle eût la plus grande dépression, qu'il se pourrait. Les feux étant d'ailleurs placés, ainsi que les postes d'observation, sur les points les plus culminans, c'était le moyen de réduire l'élévation des fusées à un minimum, avantage que nous regardions comme très-important. C'est en s'aidant de ce principe, et en étudiant le pays, muni d'un instrument propre à mesurer les distances zénithales, que l'emplacement des postes a été définitivement arrêté, et qu'on a pu calculer avec exactitude l'élévation qu'il fallait obtenir dans les fusées pour qu'elles vinsent porter leurs signaux au-dessus de l'horizon de chaque observateur. En effet, nous connaissions fort approximativement les différences de niveau de tous nos points, et leur distance l'un de l'autre: nous pouvions donc calculer l'angle de depression, ou la distance zénithale sous laquelle un poste de feu aurait été vu d'un lieu d'observation, s'il eût pu être aperçu de celui-ci. Or, en mesurant immédiatement la distance zénithale du point qui terminait l'horizon, dans la direction du feu qui nous était bien connue, on pouvait obtenir la différence de ces deux angles, laquelle, réduite en parties du rayon ou de la distance qui sépare les deux postes, en ayant égard, autant que besoin, à l'effet des réfractions terrestres, donnait immédiatement l'élévation nécessaire des fusées.

Une formule relative aux différences de niveau, donné par M. le marquis de Laplace, dans sa mécanique céleste, nous a paru très-convenable et suffisamment exacte pour cet objet; elle met en évidence l'effet de la courbure de la terre, et celui produit par les réfractions.

La voici: $dN = K \cot \delta + \frac{K^2}{2\rho} - \frac{n K^2}{\rho}$..

dans laquelle dN est la différence de niveau, δ la distance zénithale K la distance, et ρ le rayon de la terre.

Si l'on suppose $N = 0,08$ et que le rayon de la terre soit exprimé en toises, on aura: dN en toises = $K \cot \delta + 0,000000128 K^2$ et si le rayon de la terre est donné en mètres, on aura

dN en mètres = $K \cot \delta + 0,0000000658 K^2$

De la formule ci-dessus on déduit $\cot \delta = \frac{dN}{K} - \left(\frac{1 - 2n}{2\rho} \right) K$.

$$\left(\frac{1-2n}{2\varrho}\right) = 0,000000128.$$

si le rayon est donné en toises, ou bien 0,0000000658 s'il est exprimé en mètres.

Ainsi, connaissant la différence de niveau dN entre un poste de feu et un lieu d'observation et de plus, la distance entre les deux points, on déterminait la distance zénithale sous laquelle le premier serait vu du second et en ôtant de cet angle calculé la distance zénithal observée du point de l'horizon qui se trouve dans le même verticale que le feu, on aura la quantité angulaire répondante à l'elevation de la fusée.

Ainsi, par exemple à Menezbelair, poste d'observation, on a pour différence de niveau, 339^m,1 et à Toussaines, post de feu, 238^m,7 ainsi dN pour Toussaines, à l'égard de Menezbelair = + 44^m6

K = 101660'. On a donc

c Log. K = 4,99285	et Log. K ... 5,00715
Log. dN = 1,64933 +	Log. 0,0000000658 = 2,81823 - 10
6,64218 +	7,82538 - 10
1. Terme + 0,0004387	
2. „ - 0,0066893	
	0,0062506 Log. ... 7,79522 - 10

Lequel logarithme est la cotangente de 100[°],397.

La distance zénithale observée à Menezbelair, sur le point qui termine l'horizon dans la direction de Toussaines, est de 100,2765.

Différence 0[°],1205.

Il faut donc que la fusée de Toussaines parcoure la quantité angulaire de 0[°],1205 pour atteindre l'horizon apparent de l'observateur de Menezbelair. Cette quantité se réduira en mètres ainsi qu'il suit:

Log. K ou 101660 ^m ... 5,00715	
Log. tang. 0 [°] ,1205	7,27711
	2,28426 = 192 Mètres ou 99 Toises.

Ainsi, il faudra que les fusées de Toussaines s'élèvent au moins à 99 toises pour être aperçues de Menezbelair.

Un semblable calcul pour tous les points de la ligne a fait voir qu'au poste de Montbray, il fallait pour Menezbelair 50 T.
 Pour la Hève 133 „

Au poste de Saint-Clair, il fallait, du côté de la Hève	320 T.
Du côté de Rampillon	299 „
Pour Paris	117 „
Au poste de Sompus, il fallait, pour Rampillon	245 „
Pour Menil-la-Horgne	225 „
Au post du Donon, pour Menil-la-Horgne	64 „
Pour Strasbourg	0 „

Connaissant ainsi l'élévation à atteindre pour chaque poste, on a affecté à chacun le calibre de fusées qui lui était nécessaire.¹

Le poste de Toussaines a été muni, en conséquence, de fusées de 18 lignes qui atteignaient 300 toises; celui de Monbray, aussi de fusées de 18 lignes; celui de Saint-Clair, de fusées de 24 lignes qui atteignaient et dépassaient ordinairement 400 toises.

Mais, dans l'exécution, on mesurait encore à chaque poste de feu l'élévation atteinte par chaque fusée, afin de la remplacer par une autre, si elle n'arrivait pas à la hauteur calculée pour être vue. On remplaçait de même les fusées qui éclataient, afin que tous les signaux fussent tous donnés autant que possible: un signal n'était évidemment manqué que quand trois fusées consécutives n'avaient pas produit leur effet.

Chaque observatoire avait deux observateurs, excepté à Menezbelair, où il n'y en avait qu'un. Tous avaient une bonne montre marine à battemens forts (cinq dans deux secondes), dont la marche était connue et toutes avaient été comparées à l'observatoire de Paris, au moment du départ. Des lunettes bien fixées et bien dirigées complétaient l'appareil pour les observations. Chaque poste de feu était également muni d'une montre marine, dont l'heure avait été aussi comparée soit avec l'heure de Paris, soit avec celle de Brest, soit avec celle de Strasbourg, afin que tous les signaux fussent bien donnés à l'instant convenu, et que l'attention des observateurs ne fût pas trop long-temps soutenue. Malgré toutes ces précautions, l'opération manqua pourtant totalement entre Paris et Brest, et six transmissions seulement réussirent entre Paris et Strasbourg.

¹ Il est à remarquer que ces calculs ont été faits dans la supposition d'une réfraction moyenne 0,08, et que les réfractions terrestres de nuit sont ordinairement beaucoup plus fortes, et souvent plus que doubles de celles qui ont lieu le jour, quoique aussi, mais bien rarement, elles soient plus faibles. Cet avantage que présentaient les réfractions de nuit a été négligé, et l'on s'en est tenu aux résultats déduits des calculs faits avec une réfraction moyenne.

Cent signaux furent donnés pendant 10 jours, du 16. au 25. août, à raison de 10 par jour. A la Hève on ne vit aucun des signaux de Saint-Clair, sans cela on aurait obtenu un certain nombre de différences de longitude entre Brest et Paris. Les six transmissions de temps qui ont réussi entre Paris et Strasbourg offrent un accord vraiment surprenant, qui fait vivement regretter que le nombre n'en soit pas plus grand. Il est présumable qu'une nouvelle mesure ne fera guère varier le résultat moyen qui termine les deux tableaux suivans, fourni par M. le colonel Henry, où l'on remarquera que le plus grand écart entre les six déterminations de longitude, ne s'élève qu'à une demi seconde de temps, et que la longitude deduite des calculs géodésiques est seulement plus petite de quatre dixièmes de seconde au 6 secondes de degré, ce qui semblerait indiquer que l'aplatissement 0,00324 employé dans les calculs est trop faible. Mais attendons avant de prononcer sur un sujet si délicat.

Tableau des temps de l'apparition des signaux de poudre, donnés au Donon, à Sompnis et Saint-Clair, et observés à Strasbourg, Menil-la-Horgne, Rampillon et Paris en août 1824.

Strasbourg.			Menil-la-Horgne.			Rampillon.			Paris.				
Numéro.	Direction.	Temps de la Pendule.	Numéro.	Direction.	Temps de la Pendule.	Numéro.	Direction.	Temps de la Pendule.	Numéro.	Direction.	Temps de la Pendule.		
Le 25. août.													
IV.	Occident.	19 ^h 46' 51",4	IV. Or.		9 ^h 30' 37",8	II. Or.		8 ^h 54' 10",8	I.	Occident.	19 ^h 6' 20",3		
			II. Oc.		9 16 0,2	I. Oc.		8 49 48,2					
IV.			19 46 51,4	IV. Or.		9 30 37,8	III. Oc.		9 3 47,5		III.		19 25 30,7
				III. Oc.		9 25 36,9	III. Oc.		9 8 55,3				
VI.			20 6 47,2	VI. Or.		9 50 30,0	VI. Or.		9 33 44,7		V.		19 45 58,4
				VI. Oc.		9 55 34,2	V. Oc.		9 29 19,7				
Le 26. août.													
I.	Occident.	19 20 36,3	I. Or.		9 0 35,8	I. Or.		8 43 48,3	I.	Occident.	19 9 24,3		
			I. Oc.		9 5 42,3	I. Oc.		8 48 52,8					
V.			20 0 44,2	V. Or.		9 40 37,3	IV. Or.		9 13 48,5		III.		19 29 27,0
				IV. Oc.		9 35 42,2	III. Oc.		9 8 52,6				
V.			20 0 44,2	V. Or.		9 40 37,2	V. Or.		9 23 48,2		V.		19 49 29,5
				V. Oc.		9 45 42,3	V. Oc.		9 28 51,5				

On remarquera que les signaux de même numéro de chaque jour ne sont pas toujours ceux qui ont pu servir à la transmission du temps de là vient que, dans le tableau suivant, les intervalles des signaux

déduits des observations qu'on a pu combiner sont fort différents les uns des autres, et qu'ils sont même de signe contraire.

Différence de longitude, en temps, entre l'observatoire de Paris et celui de Strasbourg, déduite de la comparaison des temps sidéraux, de signaux de poudre donnés à St. Clair, Sompuis et au Donon, et observés à Paris, Rampillon, Menil-la-Horgne et Strasbourg.

Août 1824.	Temps de Strasbourg.	Temps de Paris.	Différence.	Intervalles.	Différence de Longitude.
25	19 ^h 46' 23",7	19 ^h 5' 44",1	40' 39",6	- 19' 3",3	21' 36",3
	19 46 23,7	19 24 54,5	21 29,2	+ 0 6,9	21 36,1
	20 6 19,5	19 45 22,2	20 57,3	+ 0 39,3	21 36,6
26	19 20 7,6	18 8 44,1	11 23,5	+ 10 12,7	21 36,2
	20 0 15,5	19 28 46,8	31 28,7	- 9 52,6	21 36,1
	20 0 15,5	19 48 49,3	11 26,2	+ 10 10,1	21 36,3

Resultat moyen 21'36",27¹

Le calcul des triangles, dans l'hypothèse de 0,00324 d'apla-

tissement, a donné 21'35",87.

... Déjà le ministre de la guerre, M. le marquis de Clermont-Tonnère, qui prend un vif intérêt aux progrès des sciences, qu'il a cultivées lui-même à l'École Polytechnique, vient d'ordonner la reprise de la mesure de l'arc du parallèle entre Brest et Strasbourg, pour être exécutée en 1825, avec le secours des fusées, le seul moyen que les localités à parcourir nous permettent d'employer. On introduira deux signaux de plus entre Brest et Strasbourg; et l'on voit,

Fig. 55. le nouveau projet à exécuter en 1825. . . .

Fig. 54. l'opération de 1824.

§. 112.

Notice sur la mesure de l'arc de longitude compris entre Munich et Brest, exécutée dans le cours de cette année (1825). Par le Chevalier Bonne. Fig. 55.

Le retard qu'a éprouvé la publication du septième numéro du Mémorial nous permet d'offrir les résultats de la mesure de l'arc de longitude compris entre Brest et Munich, exécutée dans les mois de juillet et d'août de cette année, par les ordres de son Exc. le ministre de la guerre.

¹ Ces observations de feux ayant été répétées l'année suivante par un temps plus favorable, et portées au nombre de trente-cinq, cette longitude a été trouvée plus exactement de 0^h 21' 35,48. (Voyez p. 402. tom. III. du Mémorial.)